



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**



## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de**

### **INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico  
aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en  
Yambrasbamba provincia de Bongará departamento  
de Amazonas”**

**Presentado Por:**

**Bach. José Rosendo Cayotopa Medina**

**Asesor:**

**Ing. Msc. Jony Villalobos Cabrera**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2019**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**



## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de**

### **INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado  
para electrificar al caserío Flor del Valle en  
Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de  
Amazonas”**

**Presentado Por:**

**Bach. José Rosendo Cayotopa Medina**

**Aprobado por el Jurado Examinador**

**PRESIDENTE :** Dr. Daniel Carranza Montenegro

**SECRETARIO:** Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra

**MIEMBRO :** Ing. Teobaldo Julca Orozco

**ASESOR :** Ing. Msc. Jony Villalobos Cabrera

**Lambayeque – Perú**

**2019**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL**

## **“PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

### **TESIS**

#### **TITULO**

**“Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongara departamento de Amazonas”**

### **CONTENIDOS**

**CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.**

**CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.**

**CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.**

**CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN**

**CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.**

**CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

**AUTOR: Bach. José Rosendo Cayotopa Medina**

---

**PRESIDENTE**

---

**SECRETARIO**

---

**MIEMBRO**

---

**ASESOR**

**Lambayeque – Perú**

**2019**

## DEDICATORIA

*A Dios.*

*Por haberme permitido llegar hasta este punto y  
haberme dado salud para lograr mis objetivos,  
además de su infinita bondad y amor.*

*A mis padres.*

*Por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en  
toda mi educación, tanto académica, como de la  
vida, por su incondicional apoyo perfectamente  
mantenido a través del tiempo.*

*Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.*

*Bach. José Rosendo Cayotopa Medina*

## AGRADECIMIENTO

Gracias a mi universidad por haberme permitido formarme en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso en especial a mi asesor Ing. Msc. Jony Villalobos Cabrera por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesis, gracias a todos ustedes que fueron los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad. Gracias a mis padres, que fueron mis mayores promotores durante este proceso, gracias a Dios, que fue mi principal apoyo y motivador para cada día continuar sin tirar la toalla.

Este es un momento muy especial que espero, perdure en el tiempo, no solo en la mente de las personas a quienes agradecí, sino también a quienes invirtieron su tiempo para echarle una mirada a mi proyecto de tesis; a ellos asimismo les agradezco con todo mi ser.

*Bach. José Rosendo Cayotopa Medina*

## RESUMEN

El objetivo de la tesis es dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar el caserío Flor del Valle en Yambrasbamba, provincia de Bongará, departamento de Amazonas. El cual no cuenta con suministro de energía eléctrica, este hecho trae consigo la afectación en la comodidad en cada hogar. Se pensó como primera alternativa la ampliación de las redes eléctricas convencionales pero la lejanía (22 km) de las redes eléctricas y dado que el número de viviendas es de 20; 01 local comunal, el bajo consumo de energía eléctrica que tendrían debido a los bajos recursos económicos, hace que esta propuesta sea poco probable de efectuar. El tipo de investigación es aplicada porque se hizo uso de los conocimientos y bases teóricas, de la ingeniería para dar solución al dimensionamiento del sistema eléctrico fotovoltaico. Las técnicas de investigación que se utilizaron fueron la observación, entrevista y el análisis documental. Se dimensiono el sistema fotovoltaico aislado el cual estará conformado por: 20 paneles fotovoltaicos de 320 Wp de la marca YINGLI SOLAR, 16 baterías de acumuladores 260 Ah de la marca RITAR, 02 reguladores de carga 150/70 de la marca VICTRON ENERGY, 02 inversor 48/3000-230 V de la marca VICTRON ENERGY; así como elementos de protección. Se dimensiono la red de distribución secundaria que se encargara de transmitir la energía eléctrica desde el sistema fotovoltaico a cada una de las viviendas. El Costo del sistema fotovoltaico aislado es de S/ 206 019.36

**Palabras clave:** Energía solar, sistemas fotovoltaicos, paneles fotovoltaicos, inversores.

## ABSTRACT

The objective of the thesis is to design an isolated photovoltaic system to electrify the Flor del Valle farmhouse, Yambrasbamba, Bongará province, department of Amazonas. Which does not have electricity supply, this fact brings the affectation in comfort in each home. The extension of conventional electricity grids but the distance (22 km) of electricity grids was considered as the first alternative, given that the number of homes is 20; 01 local community, the low consumption of electricity that would have due to low economic resources, makes this proposal is unlikely to effect. The type of research is applied because the knowledge and theoretical bases of the engineering were used to give solution to the dimensioning of the photovoltaic electrical system. The research techniques used were observation, interview and documentary analysis. The isolated photovoltaic system is dimensioned, which will consist of: 20 photovoltaic panels of 320 Wp of the YINGLI SOLAR brand, 16 batteries of accumulators 260 Ah of the RITAR brand, 02 charge regulators 150/70 of the VICTRON ENERGY brand, 02 inverter 48/3000-230 V of the brand VICTRON ENERGY; as well as protection elements. The secondary distribution network was dimensioned, which would be responsible for transmitting the electrical energy from the photovoltaic system to each of the homes. The cost of the isolated photovoltaic system is S/ 206 019.36

**Keywords:** Solar energy, photovoltaic systems, photovoltaic panels, inverters.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VII
ÍNDICE .....	VIII
ÍNDICE .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Realidad Problemática .....	2
1.2. Formulación del Problema .....	2
1.3. Delimitación de la Investigación .....	3
1.3.1. Delimitación espacial .....	3
1.3.1. Delimitación temporal .....	8
1.4. Justificación e Importancia de la tesis.....	8
1.5. Limitaciones de la tesis .....	9
1.6. Objetivos de la tesis .....	10
1.6.1. Objetivo General .....	10
1.6.2. Objetivo Específicos .....	10
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Antecedentes de Estudios .....	11
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado .....	16
2.2.1. Radiación solar .....	16
2.2.2. Célula fotovoltaica.....	24
2.2.3. Módulos fotovoltaicos .....	26
2.2.4. Estructuras de soporte.....	38
2.2.5. Sistema fotovoltaico aislado .....	40
2.2.6. Componentes del sistema fotovoltaico .....	43
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.....	63
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	69



3.1. Tipo y diseño de investigación .....	69
3.2. Población y muestra.....	69
3.3. Hipótesis .....	70
3.4. Operacionalización de las variables.....	70
3.5. Métodos y Técnicas de investigación.....	72
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados .....	73
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos .....	73
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN .....	74
4.1. Descripción del sistema propuesto .....	74
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	77
5.1. Nivel de radiación solar en el caserío Flor del Valle.....	777
5.1.1. Software Meteonorm.....	78
5.1.2. Página web de la NASA.....	79
5.1.3. Atlas solar del Perú.....	81
5.2. Estimación de la energía y la máxima demanda.....	82
5.3. Dimensionamiento y selección de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico.....	85
5.3.1. Generador fotovoltaico.....	85
5.3.2. Orientación del generador fotovoltaico .....	87
5.3.3. Estructuras de soporte.....	88
5.3.4. Selección del regulador de carga .....	90
5.3.5. Selección del banco de baterías .....	91
5.3.6. Selección del inversor .....	93
5.3.7. Determinación de los conductores eléctricos de interconexión .....	94
5.3.8. Dimensionamiento del sistema de distribución en 220 V.....	99
5.3.9. Presupuesto.....	106
CAPITULO VI: CONCLUSIONES .....	110
BIBLIOGRAFÍA .....	111
<b>ANEXOS</b> .....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Operacionalización de variables.....	71
Tabla N° 2: Instrumentos para las técnicas de investigación .....	73
Tabla N° 3: Ubicación del caserío Flor del Valle .....	77
Tabla N° 4: Radiación solar mensual en el caserío Flor del Valle .....	78
Tabla N° 5: Radiación solar promedio diaria en el caserío Flor de Valle.....	79
Tabla N° 6: Radiación solar según la NASA .....	80
Tabla N° 7: Comparación de datos de radiación solar de diferentes fuentes	81
Tabla N° 8: tasa de crecimiento para el departamento de Amazonas.....	82
Tabla N° 9: Cargas en el caserío Flor del Valle.....	83
Tabla N° 10: Consumo de energía eléctrica por unidad de vivienda.....	83
Tabla N° 11: Consumo de energía eléctrica promedio diaria en el local comunal.....	84
Tabla N° 12: Alumbrado público.....	84
Tabla N° 13: Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos.....	86
Tabla N° 14: Características de los paneles fotovoltaicos.....	87
Tabla N° 15: Especificación técnicas del controlador Blue Solar 150/70 .....	91
Tabla N° 16: Tabla de conductores eléctricos NYN.....	95
Tabla N° 17: Selección de fusibles.....	97
Tabla N° 18: Características eléctricas de los conductores eléctricos seleccionados.....	100
Tabla N° 19: Distancias mínimas del conductor a la superficie del terreno ...	100
Tabla N° 20: Lámparas de alumbrado y sus potencias .....	101
Tabla N° 21: hipótesis para usar la ecuación de cambio de estado .....	102
Tabla N° 22: Resultados de la ecuación de cambio de estado .....	104
Tabla N° 23: Características de los cables autoportantes .....	105
Tabla N° 24: valor referencial para el suministro de materiales para el sistema fotovoltaico .....	106
Tabla N° 25: costo directo del sistema fotovoltaico .....	106
Tabla N° 26: suministro de materiales para la red de distribución secundaria .....	107
Tabla N° 27: Costo para el montaje de las redes secundarias.....	108
Tabla N° 28: Costo directo de la red de distribución secundaria en el Caserío Flor del Valle .....	108
Tabla N° 29: Costo para el sistema de generación y distribución de energía eléctrica.....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: ubicación del distrito de yambrasbamba en el mapa del Perú ...	4
Figura N° 2: Ubicación del Caserío Flor del Valle en Yambrasbamba .....	5
Figura N° 3: Probabilidad diaria de precipitación .....	7
Figura N° 4: Temperatura máxima y mínima promedio en Yambrasbamba.....	8
Figura N° 5: Radiación solar.....	18
Figura N° 6: Horas solares pico.....	19
Figura N° 7: Radiación solar en el departamento de Amazonas .....	23
Figura N° 8: Célula fotovoltaica .....	25
Figura N° 9: Panel Fotovoltaico .....	27
Figura N° 10: Cubierta de vidrio .....	29
Figura N° 11: Célula solar .....	31
Figura N° 12: Detalles constructivos .....	32
Figura N° 13: Caja de terminales .....	34
Figura N° 14: Curva I-V , de paneles fotovoltaicos.....	37
Figura N° 15: Estructura fija para paneles fotovoltaicos.....	38
Figura N° 16: Instalación con seguidor solar .....	39
Figura N° 17: Sistema fotovoltaico aislado.....	42
Figura N° 18:Regulador de carga.....	44
Figura N° 19: Regulador de carga.....	46
Figura N° 20: Baterías de uso fotovoltaico .....	51
Figura N° 21: Formas de salida de las ondas de un inversor .....	57
Figura N° 22: Inversor VICTRON ENERGY .....	60
Figura N° 23: Conductores eléctricos.....	62
Figura N° 24: Diagrama sistema fotovoltaico propuesto .....	75
Figura N° 25: Sistema de distribución en 220 V .....	76
Figura N° 26: Estructuras de soporte para paneles fotovoltaicos.....	89
Figura N° 27: Dimensiones de la estructura.....	90
Figura N° 28: Batería RITAR 260 Ah (ANEXO 03).....	92

## INTRODUCCIÓN

La presente TESIS titulado: **“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ELECTRIFICAR AL CASERÍO FLOR DEL VALLE EN YAMBRASBAMBA PROVINCIA DE BONGARA DEPARTAMENTO DE AMAZONAS”** es una propuesta que permite suministrar de energía eléctrica en dicho caserío.

En el Capítulo I, se presenta la realidad problemática existente en el **CASERÍO FLOR DEL VALLE DISTRITO DE YAMBRASBAMBA – AMAZONAS** en cuanto a la carencia del servicio de energía eléctrica. Posteriormente se enuncia el Problema, para luego justificar el trabajo de investigación realizado y presentar los Objetivos de la Investigación.

En el Capítulo II, se presenta el Marco Teórico, donde se muestran los antecedentes y la teoría relacionada con el tema de investigación.

En el Capítulo III, se presenta el Marco Teórico, donde se describe el diseño de la Investigación, describiendo las Variables y su Operacionalización, así como la Población y Muestra, además de las Técnicas e Instrumentos de recolección de datos utilizados en la investigación, así como los Métodos de Análisis de Datos.

En el Capítulo IV, se presenta los componentes mínimos del sistema fotovoltaico propuesto, así como de la red de distribución en B.T.

En el Capítulo V, se presenta los Resultados obtenidos de acuerdo con los objetivos generales y específicos definidos.

En el Capítulo VI, se presenta las conclusiones.

## **CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

Actualmente el caserío Flor del Valle ubicada en el distrito de Yambrasbamba, Provincia de Bongará en el departamento de Amazonas, no cuenta con suministro de energía eléctrica, este hecho trae consigo la afectación en la comodidad en cada hogar. Se pensó como primera alternativa la ampliación de las redes eléctricas convencionales pero la lejanía (22 km) de las redes eléctricas y dado que el número de viviendas es de 20; 01 local comunal, el bajo consumo de energía eléctrica que tendrían debido a los bajos recursos económicos, hace que esta propuesta sea poco probable de efectuar. De persistir esta situación de falta de suministro trae consigo atraso puesto que se utilizarán otros medios para producir iluminación artificial los cuales producen contaminación (emanación de CO<sub>2</sub>). Los pobladores prácticamente viven a oscuras.

### **1.2. Formulación del Problema**

¿Con un sistema fotovoltaico aislado se podrá electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas?

### **1.3. Delimitación de la Investigación**

#### **1.3.1. Delimitación espacial**

El **distrito de Yambrasbamba** (Ver Figura N° 1) es uno de los doce distritos de la Provincia de Bongará, ubicado en el Departamento de Amazonas, en el norte del Perú. Limita por el norte con la provincia de Condorcanqui; por el este con el departamento de Loreto y el departamento de San Martín; por el sur con el distrito de Corosha y el distrito de Florida y; por el oeste con la provincia de Utcubamba.

Jerárquicamente, dentro de la Iglesia Católica, pertenece a la Diócesis de Chachapoyas.



Figura N° 1: Ubicación del distrito de yambrasbamba en el mapa del Perú

Fuente: (Distrito de Yambrasbamba, 2019)

### **Geografía**

Abarca una extensión de 1 715,96 km<sup>2</sup> y tiene una población estimada mayor a 6 000 habitantes.

La capital del distrito es el pueblo de Yambrasbamba, situada a una altura de 1 903 metros sobre el nivel del mar. La ciudad tiene un ambiente atractivo con hermosos paisajes; en ella se encuentra variedades de orquídeas, y árboles de gran abundancia. Está atravesada por el río Imaza. (Distrito de Yambrasbamba, 2019)

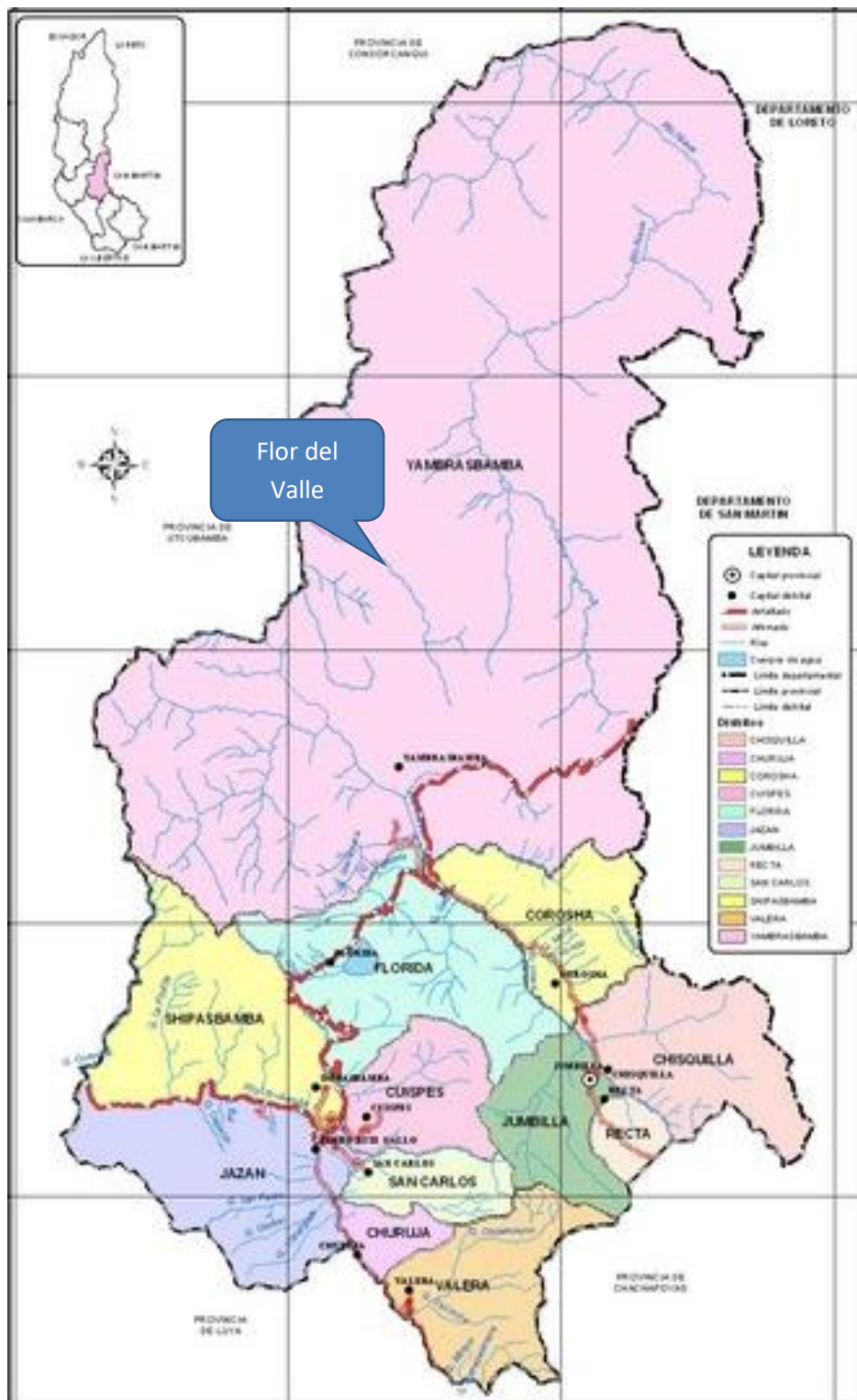


Figura N° 2: Ubicación del Caserío Flor del Valle en Yambra Shamba

Fuente: (Provincias de Bongara, 2019)

La población del distrito es principalmente campesina y de origen mestizo. Está compuesto por dos pueblos, seis caseríos, cinco



anexos y trece unidades agropecuarias. La población se dedica a la ganadería vacuna, a la producción de lácteos y al cultivo de yacón, maíz, zanahoria, papa y café, yuca, repollo, arveja.

### **Precipitación**

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Yambrasbamba varía considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 7.1 meses, *de 3 de octubre a 5 de mayo*, con una probabilidad de más del 21 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 37 % el 8 de marzo.

La temporada más seca dura 4.9 meses, *del 5 de mayo al 3 de octubre*. La probabilidad mínima de un día mojado es del 5 % el 15 de julio.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 37 % *el 8 de marzo*.

(Water Spark, 2019)

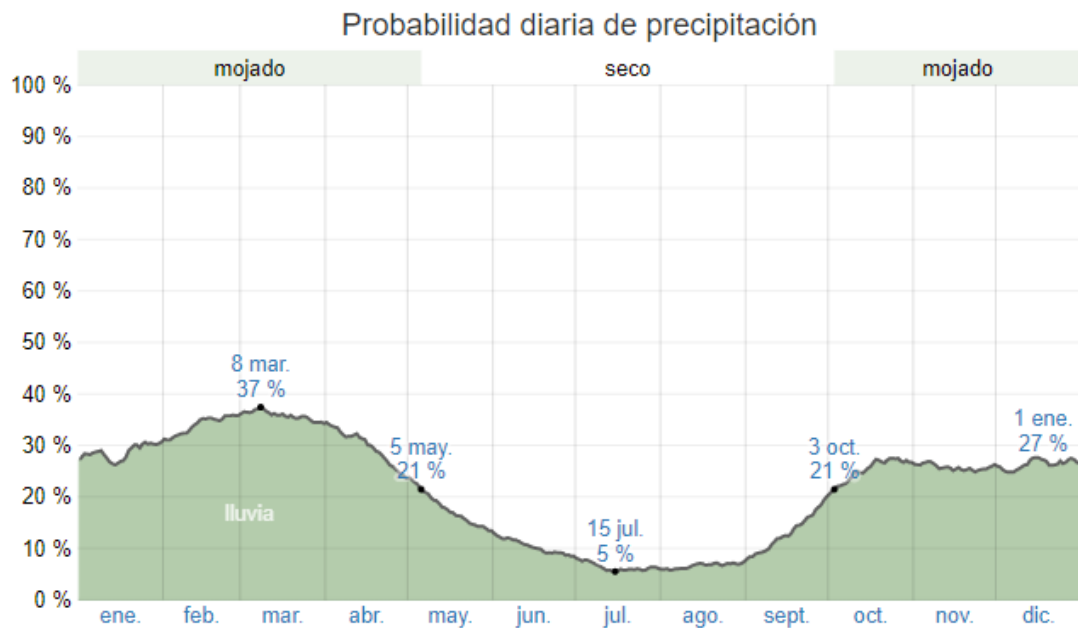


Figura N° 3: Probabilidad diaria de precipitación.

Fuente: (Water Spark, 2019)

## Temperatura

La temporada templada dura 1.5 meses, del 22 de agosto al 8 de octubre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 24 °C. El día más caluroso del año es el 8 de septiembre, con una temperatura máxima promedio de 24 °C y una temperatura mínima promedio de 12 °C.

La temporada fresca dura 5.8 meses, del 19 de enero al 14 de julio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 22 °C. El día más frío del año es el 13 de julio, con una temperatura mínima promedio de 11 °C y máxima promedio de 22 °C.

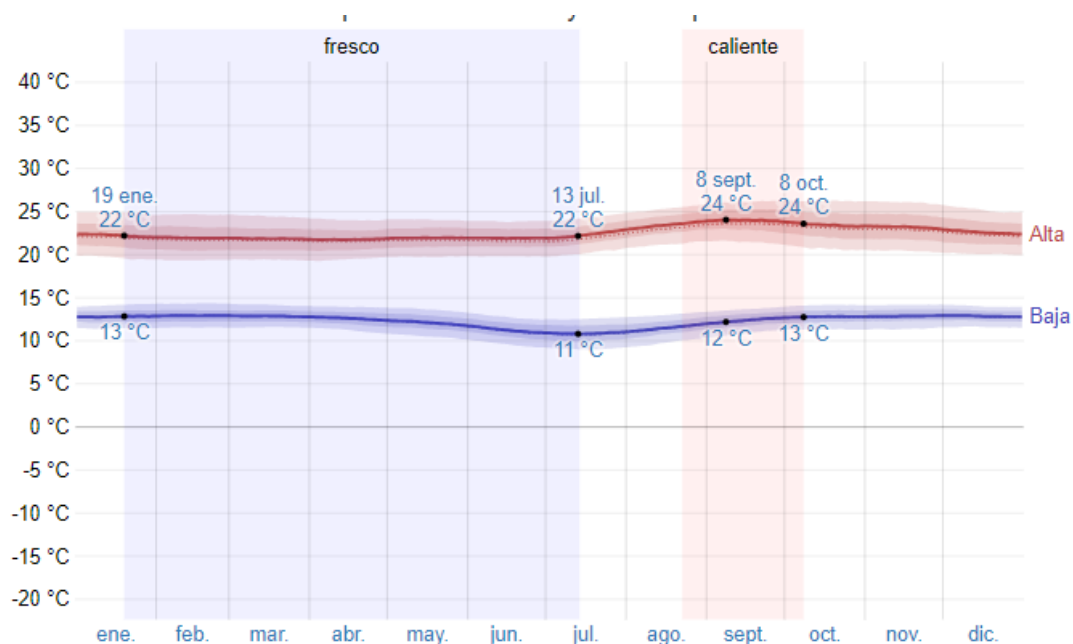


Figura N° 4: Temperatura máxima y mínima promedio en Yambrasbamba

Fuente: (Water Spark, 2019)

### 1.3.1. Delimitación temporal

El desarrollo de la presente tesis tuvo una duración de 03 meses

## 1.4. Justificación e Importancia de la Tesis

La implementación eléctrica fotovoltaica tiene la siguiente justificación:

### Justificación ambiental

La contaminación y el cambio climático se han convertido en una de las principales preocupaciones de la población mundial, por eso cada vez somos más conscientes de que debemos encontrar soluciones para no hacer más daño al medio ambiente, la presente investigación se justifica en la no contaminación del medio ambiente debido al uso de una fuente de energía renovable, la cual no genera residuos tóxicos, ni

emisiones de gases, no repercute negativamente a la vegetación, y no genera contaminación auditiva debido a que es absolutamente silenciosa, mejorando así la calidad de vida.

### **Justificación económica**

No se tendrán que hacer gastos extras en velas, compras de baterías, o hacer largos viajes para cargar celulares.

### **Justificación social**

Con la implementación de esta investigación fotovoltaica de paneles solares posibilitará beneficios provechosos en cuanto al aumento de la calidad de vida de los habitantes, solucionando el servicio de energía eléctrica en localidades rurales inaccesibles. Dando lugar al inicio de expectativas de progreso y desarrollo para el caserío, brindándoles así un mejor futuro para sus familias, ya que de él dependen otros servicios como son educación, servicios médicos en general y lo más importante para una mejor calidad de vida.

### **Justificación Técnica**

El actual proyecto de investigación se justifica porque está enmarcado dentro del plan de electrificación rural, en la cual se incentiva el uso de recursos energético renovables.

## **1.5. Limitaciones de la TESIS**

La principal limitación está en las fuentes de datos de radiación solar en la cual se ha limitado al atlas solar del SENAMHI del 2003, de la NASA, y el uso del software SOLARIUS PLUS.

Desconocimiento por parte de los pobladores de los sistemas de generación fotovoltaica.

## **1.6. Objetivos de la TESIS**

### **1.6.1. Objetivo General**

El objetivo de la tesis es el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar el caserío Flor del Valle Yambrasbamba, provincia de Bongará, departamento de Amazonas.

### **1.6.2. Objetivo Específicos**

- a) Determinar el nivel de radiación promedio que se registra en el caserío Flor del Valle.
- b) Determinar la demanda de energía promedio diaria proyectada del caserío Flor del Valle.
- c) Dimensionar los equipos para el sistema fotovoltaico y red de distribución eléctrica en baja tensión de 220 V.
- d) Estimar el presupuesto necesario del sistema fotovoltaico.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de Estudios

#### Contexto Internacional

Según **Fabio de Jesús Acebedo Garcés** en su tesis titulado “Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios” Hace un estudio donde describe brevemente el desarrollo teórico de la tecnología fotovoltaica, desde el descubrimiento del fenómeno fotoeléctrico en el año de 1839, hasta la actualidad. Se explica la composición y el funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico, y de cada una de sus partes o elementos.

Se detalla la construcción, operación y comportamiento de los módulos solares fotovoltaicos de silicio, se incluyen curvas de las variables que los caracterizan. De igual forma, se definen las baterías de plomo ácido, los reguladores – controladores de carga y los inversores CC/CA para aplicaciones solares de tipo aislado.

Se definen las características técnicas de la instalación solar fotovoltaica objeto de este trabajo, su lugar de instalación y su aplicación específica. Se determinan las variables a tener en cuenta en el diseño: cargas a alimentar, demanda máxima, consumo de energía eléctrica diario y mensual y radiación solar.

Posteriormente, se presentan los cálculos necesarios para dimensionar el sistema solar fotovoltaico; se calcula la radiación solar sobre los paneles a instalar, se calculan y dimensionan todos los equipos de la

instalación: paneles, regulador, banco de baterías, inversor y calibres de cables y de tuberías.

Finalmente, se elaboran los esquemas que completan el diseño de la instalación solar fotovoltaica (Acevedo, 2016).

Así mismo **Juana Kareli Tercero Ubau** en su trabajo de tesis de "Diseño de una mini-central solar fotovoltaica autónoma con una capacidad de 2,7 kWp para electrificar la comunidad de La Fortuna-MiraFlor Moropotente, Estelí". Este proyecto está dividido en dos fases: La primera fase es el diseño y/o dimensionado del sistema solar fotovoltaico, llevada a cabo en Alemania, en FH Bielefeld, Universidad de Ciencias Aplicadas y la segunda fase es el diseño de la Red de Distribución de la energía producida. como objetivo principal con dichas fases culminada es ejecutar este pequeño proyecto, que está dirigido a beneficiar a la comunidad de La Fortuna, proporcionando energía eléctrica con fuentes de energía renovable y así evitar daños al lugar que pertenece a un área protegida, con esto se espera mejorar la calidad de vida de las personas, proporcionándoles el servicio de energía eléctrica, con la energía que nos proporciona el sol, transformándola en energía eléctrica a través de módulos fotovoltaicos, la cual está diseñada para generar 2,7 kWp a 11 viviendas y una iglesia a las que se les distribuirá la energía en la comunidad La Fortuna, que con el tiempo cuya capacidad puede aumentar en base a la cantidad demandada de energía (Tercero Ubau, 2015).

### **Contexto nacional**

Según (Alva Silva, 2016) en su tesis titulado: “Estudio De Factibilidad De Un Sistema Fotovoltaico Para El Suministro De Energía Eléctrica En El Caserío De Vigaspampa, Celendín, Cajamarca” nos explica que el trabajo de tesis fue elaborado en la ciudad de Cajamarca, durante los meses de abril hasta noviembre del año 2016, que tiene como principal objetivo realizar un estudio de factibilidad técnico económico de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el caserío de Vigaspampa, Celendín, Cajamarca. En este trabajo se demuestra a través de las observaciones directas y encuestas que se utilizó, la necesidad de los habitantes de la comunidad que tienen por la falta de la energía eléctrica, que le seria de mucha utilidad para ayudar al desarrollo y mejorar la calidad de vida, que por la geografía que presenta su localidad, por la dispersión de sus casas entre sí y por el nivel de pobreza no es factible la inversión de las empresas proveedoras de electricidad, frente a eso con este trabajo se pretende dar una alternativa de solución para suministrar electricidad a través de un sistema fotovoltaico autónomo. El desarrollo se realizó con una investigación aplicada no experimental, la población es de 60 viviendas que en este caso fue igual a la muestra. Durante el desarrollo vimos el potencial energético que hay en la zona de estudio que es un elemento indispensable para realizar un sistema solar fotovoltaico, esto ayuda para el proyecto sea factible técnicamente ya que los elementos fotovoltaicos lo tenemos disponibles en el mercado local.



A si mismo (Muñoz, 2005) en su trabajo de tesis de "Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país". En esta tesis se plantea el uso de la energía solar, como alternativa de solución inmediata a los problemas de electrificación rural en zonas aisladas y de frontera, con población dispersa y baja demanda de energía y que no cuentan con la posibilidad de acceder a los sistemas de electrificación convencionales. La aplicación de esta alternativa se basa en criterios principales tales como el de priorización, análisis de sostenibilidad y un escenario probable con el cual se desea cumplir las metas propuestas en el Plan Nacional de Electrificación Rural.

**AVALOS** (2016) en su tesis titulado "Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para Abastecer La Demanda De Energía Eléctrica Del Servicio Habitacional Gran Hotel, San Ignacio" Nos explica el autor en el resumen que la investigación se realizó en el servicio habitacional Gran Hotel Distrito de San Ignacio 2016, el cual tuvo como objetivo general diseñar un sistema fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica al servicio habitacional Gran Hotel, San Ignacio 2016. El servicio al cliente en el servicio habitacional, periodo 2016; según el diseño de investigación fue no experimental – descriptiva. La población conformada por todos los procesos y el personal, así como clientes fijos o habituales que prefieren los servicios del gran hotel 2016. Las técnicas e instrumentos para la recolección que se utilizaron fueron: investigación bibliográfica y observación directa; además para la evaluación de la información y datos que se obtuvieron en esta investigación utilizaron los métodos: programa Microsoft Office Excel y

el programa AutoCAD, y para la presentación de la información final se utilizó el programa Microsoft PowerPoint.

Esta investigación llegó a la conclusión que las causas que influyen en el deficiente servicio al cliente es por problemas de energía eléctrica, constantes interrupciones, tiempo prolongado de interrupciones y costo elevado de la energía. Problemas que abarca esta investigación y da como conclusión el desarrollo de un sistema idóneo para el edificio (Navarrete Nuñez, 2016).

### **Contexto local**

Según **Jorge Máximo Moran Santamaría**; en su tesis de Ingeniería titulado “Análisis y Evaluación para la Viabilidad Técnico Económico en el uso de la Energía Solar Fotovoltaica para el Centro Poblado Cruz de Pañalá – Distrito de Mórrope”; hace un estudio de electrificación con energía solar para el centro poblado Cruz de Pañalá, el cual carece de energía eléctrica de manera geográfica por tener limitaciones al acceso de redes eléctricas por su distancia, altos costos de transporte y recursos energéticos limitados, lo que hace tener un costo elevado en la generación de energía; el cual lo llevo a la evaluación de otros recursos de energía renovable y su rentabilidad.

En este estudio el autor concluye que en el centro poblado Cruz de Pañalá distrito de Mórrope, si es rentable implementar un Sistema Fotovoltaico para uso doméstico y productivo frente a otras alternativas de generación eléctrica como la convencional, por ser una zona aislada. Y de acuerdo a la evaluación económica, la inversión a realizar en beneficio de las 40 familias suministrando energía con sistemas

fotovoltaicos es de S/. 393,154.87 y con la electrificación convencional es de S/. 1 584,052.88 la cual es muy superior. (Moran, 2016) .

## **2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado**

### **2.2.1. Radiación solar**

Según (Tercero Ubau, 2015) La energía solar se fundamenta en el aprovechamiento de la radiación solar para la obtención de energía que podemos aprovechar directamente en forma de calor o bien podemos convertir en electricidad.

**Calor:** La energía solar térmica, consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol, para la producción de agua caliente, para consumo doméstico o industrial, climatización de piscinas, calefacción de nuestros hogares, hoteles, colegios, fábricas, etc.

**Electricidad:** Energía solar fotovoltaica, permite transformar en electricidad la radiación solar a través de unas células fotovoltaicas o placas solares. La electricidad producida puede usarse de manera directa (por ejemplo: para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. Incluso es posible inyectar la electricidad sobrante a la red general, obteniendo un importante beneficio.

**Radiación Directa:** Es aquella que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.

**Radiación Difusa:** Parte de la radiación que atraviesa la atmosfera es reflejada por las nubes o absorbida por estas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no solo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, arboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque solo ven la mitad.

**Radiación Reflejada:** La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, llamado también albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.

**Radiación Global:** Es la radiación total. Es la suma de las tres radiaciones. En un día despejado, con cielo limpio, la radiación directa es preponderante sobre la radiación difusa. Por el contrario, en un día nublado no existe radiación directa y la totalidad de la radiación que incide es difusa.

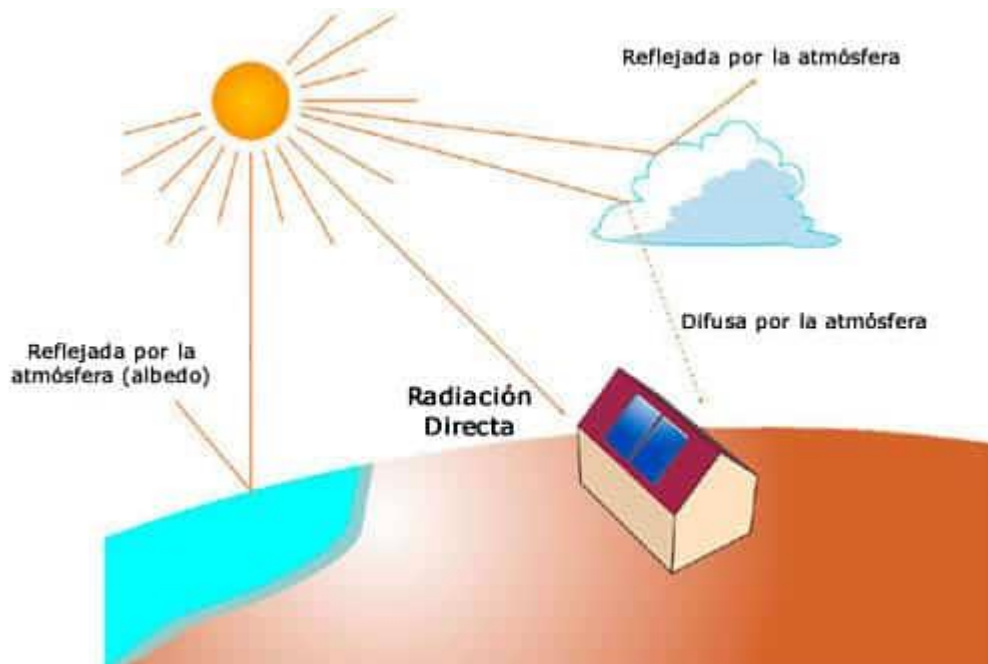


Figura N° 5: Radiación solar

Fuente: (SUNFIELDS, 2019)

#### 2.2.1.1. Horas del sol pico (HSP)

Según (SUNFIELDS, 2019) :Las “**horas de sol pico**” que pueden definirse como el número de horas al día con una hipotética irradiancia de  $1\,000\text{ W/m}^2$  que en conjunto suman la misma irradiación total que la real de ese día.

Una hora solar pico “HPS” equivale a  $1\text{ Kwh/m}^2$  o, lo que es lo mismo,  $3.6\text{ MJ/m}^2$ . Dicho en otras palabras, es un modo de contabilizar la energía recibida del sol agrupándola en paquetes, siendo cada “paquete” de 1 hora recibiendo  $1\,000\text{ W/m}^2$ .

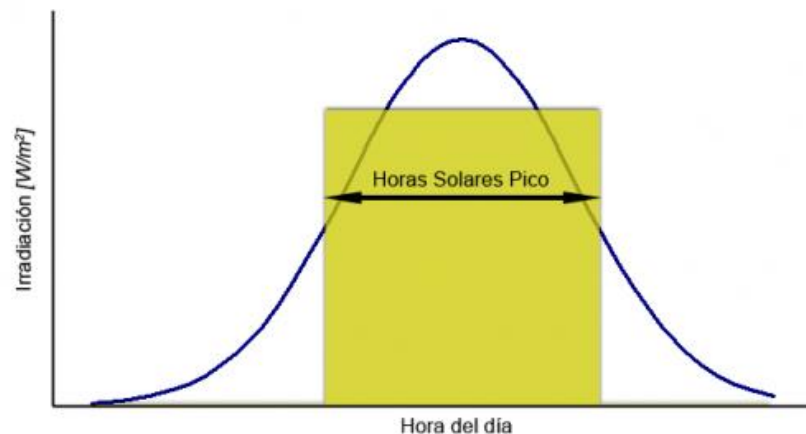


Figura N° 6: Horas solares pico

Fuente: (SUNFIELDS, 2019)

Para calcular entonces el valor de HPS se debe dividir el valor de la irradiación incidente entre el valor de la potencia de irradiancia en condiciones estándar de medida (STC), pues es en esas condiciones donde se cumplen las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos. Ese valor de irradiancia en condiciones estándar de medida es de  $1000 \text{ W/m}^2$ . Es decir, si se dispone de los datos de irradiación solar de un determinado día y se divide entre 1000, se obtienen las HSP.

Por ejemplo, si tenemos una irradiación de  $3,800 \text{ Wh/m}^2$ , para pasarla a HSP, se divide entre  $1000 \text{ W/m}^2$ , con lo que obtenemos 3,8 HPS.

#### 2.2.1.2. Situación actual de la energía fotovoltaica

La **energía fotovoltaica en el mundo** se impondrá durante este año. El mercado ha demostrado está acelerado en los últimos años. Estudios en el área calculan que para este año le batirá un récord de 100 gigavatios (GW).

La energía fotovoltaica está viviendo, sobre todo en Europa, un nuevo florecimiento. Después de años de más de 10 GW. El año pasado el mercado solar europeo registró un crecimiento anual de 8,61 GW. Esto representa un 28 por ciento de incremento.

### **Crecimiento de la energía fotovoltaica en el mundo**

Los principales factores que han impulsado este crecimiento en Europa han sido las licitaciones. Además de los contratos de compra de energía. En estos ha ganado puntos por su bajo coste. Asimismo ha contribuido lo atractivo que resulta el autoconsumo de electricidad solar.

La energía fotovoltaica en el mundo se desarrollará en países puntuales. Se espera que sea de 30% en Alemania, países bajos, España y Francia.

En España y en los Países Bajos será superior a un gigavatio. Mientras que en Francia se espera que las instalaciones solares alcancen una potencia de **alrededor de 20 GW**. Aparte de grandes centrales fotovoltaicas. También se fomentarán mediante licitaciones las instalaciones más pequeñas y el autoconsumo.

### **Energía fotovoltaica en el mundo y sus razones**

En Europa, el incremento de la energía fotovoltaica en el mundo se debe a varios factores. Uno de ellos es que cada vez depende menos de las subvenciones públicas. Esto hace

que se aproveche al máximo la bajada de los costes y los avances técnicos.

Además con el tiempo han surgido nuevas áreas de negocio. Estas derivan de los nuevos modelos comerciales. Entre ellos están la compra de electricidad, el suministro de electricidad a los inquilinos y el acoplamiento intersectorial.

A esto se le suman los incentivos políticos en forma de licitaciones. Sistemas de balance neto (net-metering) o modelos de suministro de electricidad generada por los ciudadanos. En Francia la potencia fotovoltaica licitada anualmente crecerá hasta los 2.45 GW a partir de 2018

#### **2.2.1.3. Energía solar en el Perú**

El Perú cuenta con un alto potencial solar, por su incidencia diaria y constancia durante el año: contamos con un potencial promedio de energía de 5.24 kWh/m<sup>2</sup> (de acuerdo al Atlas de Energía Solar del Perú, 2003). Se considera que la energía solar en 4 kWh/m<sup>2</sup> es atractiva para la inversión para el uso de tecnologías de conversión fotovoltaica. (Fuente: CER UNI. Diagnóstico de las Instalaciones Fотовoltaicas y Elaboración de Propuesta Normativa, Lima, 2005: OSINERG). Según cifras del Ministerio de Energía y Minas (2004), el Perú cuenta con una potencia instalada de alrededor de 3,73 MWp (o Mega watt pico). Del total de aplicaciones, se tiene que las principales son las siguientes:



Sistemas Fotovoltaicos (SFV) en comunicaciones: 44 772 unidades.

Sistemas Fotovoltaicos (SFV) para uso domiciliario (electrificación rural, iluminación, uso comunal): 17 448 unidades.

En cuanto a las instalaciones fotovoltaicas adjudicadas en las dos primeras subastas RER, se encuentran en operación comercial cuatro parques solares con una potencia total de 80 MW:

C.S. Majes 20T (20 MW, Arequipa, En servicio 2012)

C.S. Repartición 20T (20 MW, Arequipa, En servicio 2012)

C.S. Central Tacna (20 MW, Tacna, En servicio 2012)

C.S. Panamericana (20 MW, Moquegua, En Servicio 2012)

C.S. Moquegua FV 16 MW (16 MW, Moquegua, en construcción Prevista 31/12/2014)

Se ha determinado que los paneles solares pueden proveer de energía eléctrica a zonas rurales. Las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna tienen promedio de energía de 6 a 6,5 kWh/m<sup>2</sup>, mientras que Piura y Tumbes tienen promedio entre 5,5 y 6 kWh/m<sup>2</sup>. Además, existe interés de organismos de cooperación internacional para promover el uso de esta energía.

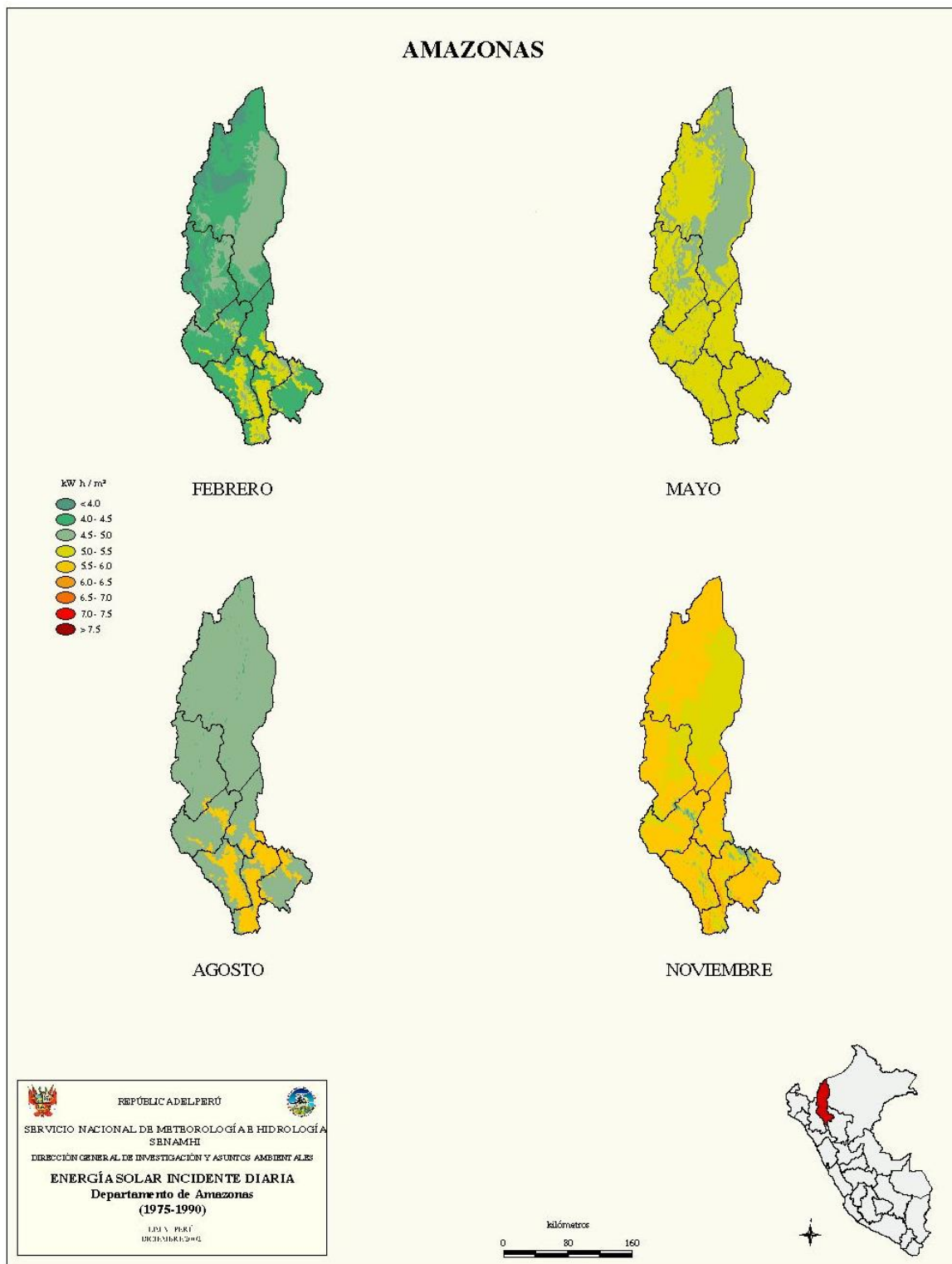


Figura N° 7: Radiación solar en el departamento de Amazonas

Fuente: (SENAMHI, 2003)

### **2.2.2. Célula fotovoltaica**

#### **Silicio cristalino** (Avalos Navarro, 2007)

La célula solar más habitual es una lámina de silicio de un grosor aproximadamente 0.3 mm y de una superficie de entre 10x10cm y 16x16cm. El proceso de elaboración tiene un nivel sofisticado y delicado para poder conseguir una homogeneidad del material.

La elaboración se hace en hornos a temperaturas de unos 40° C. A través de una barra, que en el extremo contiene un germen de silicio, se hace crecer un lingote de sección circular y de una longitud de un metro aproximadamente, partiendo de una masa fundida de silicio con una pureza del 99.99 %. Previamente, se ha añadido a esta masa una ínfima cantidad de boro (material menos electronegativo que el silicio), este lingote es un monocristal con cierta carencia de electrones (tipo P). El tiempo de elaboración de esta barra es de unas 8 horas.

Seguidamente se secciona la barra de silicio en obleas (finas capas de sólo 0,3 mm de grosor), que se tratan químicamente (difusión de fósforo) para crear la unión p-n, es decir, un semiconductor con un campo eléctrico por diferencia de electronegatividades entre la zona P y la zona N.

Se consigue de este modo, que sus zonas tengan defecto de electrones, la p, y por otro lado tenga exceso de electrones, la n. Debido a esta diferencia en el material, se produce un campo eléctrico encargado de empujar los electrones a salir de la película por la superficie de la capa N, y esto lleva a que se establezca una corriente eléctrica. (Avalos Navarro, 2007)

La célula que se obtiene ha de estar dotada de unos contactos eléctricos para poder canalizar la energía que produce cuando se la ilumina. Estos contactos están diseñados de forma ramificada (en la cara soleada). Hay dos contactos principales y ramificaciones que los unen, para volver a captar mejor los electrones, en toda la superficie de la célula. (Avalos Navarro, 2007)



Figura N° 8: Célula fotovoltaica

Fuente: (Fundación sin fronteras, 2019)

Hay dos procesos actuales para fabricar el silicio monocristalino:

Método Czochralski: se pasa una muestra de silicio por un magma de silicio fundido y se extrae a una velocidad controlada de manera que, por la parte de detrás, se solidifica una barra que copia fielmente la orientación electrónica de las moléculas.

Sonda Flotante: una vez extraída una barra de silicio a una velocidad elevada, se va recalentando por medio de una bobina y hace que las moléculas se vayan reorientando, siguiendo la muestra.

### **Otros Materiales**

Actualmente hay tres tecnologías y/o materiales que se utilizan para fabricar células solares, aunque aún algunos están en estudios:

Materiales Amorfos: Silicio amorfo hidrogenado (a-Si:H)

Materiales policristalinos; - Silicio Policristalino

Telurio de Cadmio (CdTe)

Diseleniuro de Cadmio (CIS)

Materiales monocristalinos: - Arseniuro de Galio (AsGa)

Fósforo de Indio (InP)

### **2.2.3. Módulos fotovoltaicos**

Una célula solar proporciona muy poca energía, y a muy baja tensión.

Además, una sola célula es frágil y muy difícil de comercializar. El fabricante, agrupándolas para procurar que trabajen como una sola, busca suministrar niveles de tensión y potencia adecuados a cada aplicación, y las protege de los agentes climatológicos adversos. Es lo que se llama panel o módulo solar fotovoltaico.

En el panel se asocian eléctricamente un determinado número de células solares y se protege todo el compacto sellándolo al vacío.

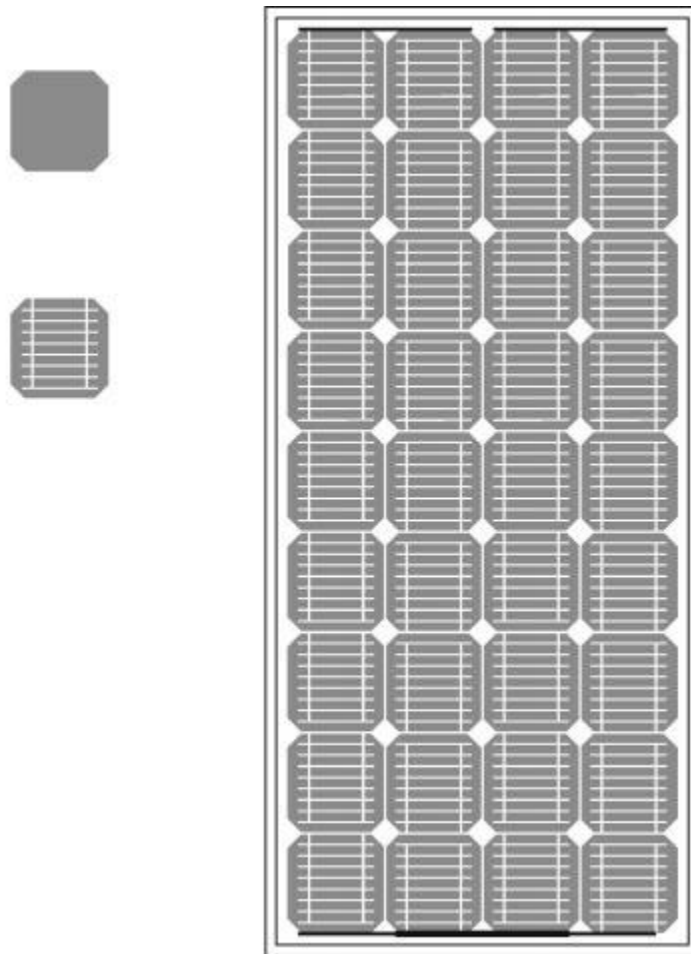


Figura N° 9: Panel Fotovoltaico

Fuente: (EVE, 2000)

Normalmente, un módulo fotovoltaico está constituido por células conectadas en serie, aunque también se comercializan otras combinaciones. Hay módulos constituidos por 154 células, otros utilizan 72. Lo más usual es que se encuentren compuestos por 30 a 36 células.

Las tensiones de trabajo lógicamente dependen del número de células del panel. Tensiones típicas son 6, 12 y 24 voltios. Actualmente, los módulos más utilizados tienen 36 células de silicio cristalino (Monocristalino o policristalino), con una tensión teórica de trabajo de 12 V en condiciones normales de operación. Es una tensión de trabajo muy frecuente en corriente continua y coincide con la tensión de trabajo de los acumuladores.

Lo habitual es que los módulos fotovoltaicos presenten formas cuadradas o rectangulares (con áreas entre 0,1 y 2,3 m<sup>2</sup>). La potencia de los módulos se mide en vatios pico, y se representa por Wp.

El mercado actual ofrece potencias entre 0,5 y 280 Wp, aunque lo habitual es que la potencia del panel oscile entre 50 Wp y 165 Wp, según la gama de potencias que comercialice el fabricante. Cuando es necesario una potencia mayor se recurre a la asociación eléctrica de varios módulos. Se puede encontrar una instalación fotovoltaica de 3,5 Wp de potencia para una señalización de carretera, una de 5 000 Wp destinada a electrificar una vivienda alejada de la línea eléctrica, y hasta una de 1 MWp conectada a la red eléctrica general.

El peso de los módulos no suele representar ningún problema en la mayoría de los casos. El peso medio suele ser de 14 kg/m<sup>2</sup>, aunque depende de modelos, marcas, y aplicaciones. Además, habrá que sumarle el peso de la estructura soporte del panel. Se pueden encontrar multitud de mini módulos integrados en el equipo de consumo, como calculadoras, linternas, radios, parquímetros y otros equipos, ya que muchas de las células que se fabrican se destinan a las aplicaciones de pequeño consumo.

La variedad de aspecto, tamaño y forma es bastante grande y se prevé que aún sea mayor. Existen robustos módulos fotovoltaicos que se colocan en la cubierta de los barcos y pueden pisarse con toda tranquilidad. Algunos paneles fotovoltaicos incluso permiten adoptar curvas.

### 2.2.3.1. Composición típica de un módulo solar fotovoltaico

#### Cubierta de Vidrio

Vidrio templado y antireflectante con cualidades de transmisión de luz a más de 90%, resistente a la abrasión e impactos de naturaleza “antibalas”.

Es importante está cubierta porque reduce significativamente el reflejo, de manera que entra más luz en la célula solar, lo cual se traduce en una mayor conversión de potencia.

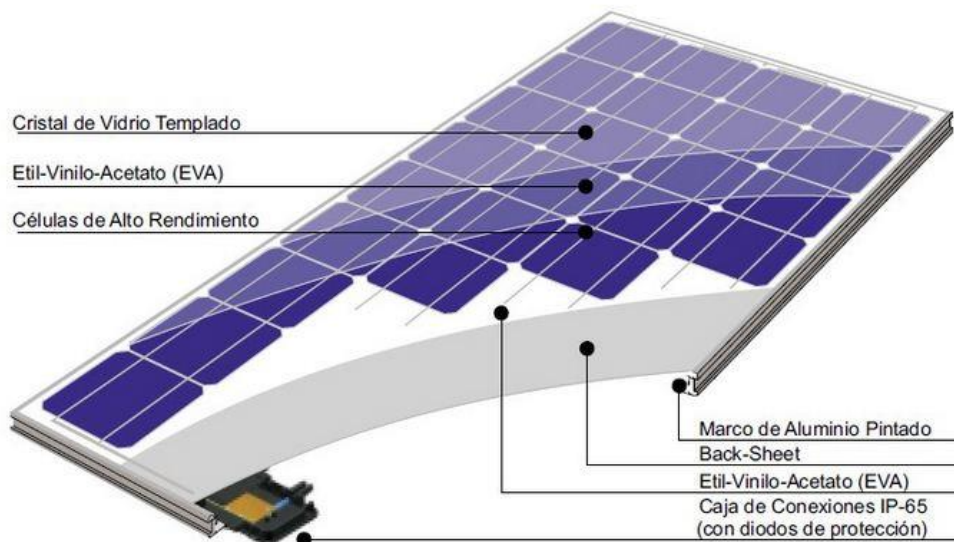


Figura N° 10: Cubierta de vidrio

Fuente: (PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO, 2019)

Los fabricantes de paneles se decantan cada vez más por los revestimientos antirreflectantes y garantizan un óptimo equilibrio entre rendimiento óptico, resistencia y costes.

Gracias a su aplicación por una sola cara, se consigue también una correspondencia perfecta entre el índice de refracción del aire y del vidrio, al mismo tiempo que se impide el desequilibrio entre el índice de refracción del



vidrio y de la capa de EVA (etileno vinil acetato) que algunos usan como revestimientos en ambos lados.

### **Láminas de Plexiglás**

Mucho más flexible que el vidrio templado pero considerado como “vidrio orgánico” porque son efectivamente láminas de vidrio polimerizado con resinas y compuestos acrílicos. Tiene propiedades mecánicas de gran estabilidad a los agentes atmosféricos y químicos.

### **Marco de aluminio o de acero inoxidable**

Se usan tornillos y anclajes para asegurar la rigidez del panel en sí. Yo he fabricado con marcos de madera tornillo totalmente seco para lograr también la rigidez exigida y sobre todo resistencia a la humedad del ambiente (en caso de madera)

### **Células Solares**

El corazón del mismo módulo, la razón de su calidad coladas en filas y columnas, unos seguidos de otros en grupos por panel cuya cantidad varía ampliamente por la naturaleza y objetivos a rendir su energía desde un simple cargador de pilas de 1.5 V hasta mega producciones tanto en forma independiente como formando parte de las redes eléctricas convencionales.

Son “galletas” de cristal, variando su forma y tamaño. Comercialmente los más usados actualmente son los de 3"x6" y los de 6"x6" siendo su espesor alrededor de los 300 micrones (0.012 pulg. aprox.) y resistencia frágil a los golpes. Las ´células solares` están hechas de un material químico que

abunda en la corteza terrestre conocido como SILICIO cuyo símbolo conocido es “Si”.



Figura N° 11: Célula solar

Fuente: (PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO, 2019)

El silicio es un elemento químico que se encuentra en la naturaleza formando grupo con el carbono, germanio y el estaño, y es considerado como “no metálico” como el carbono a excepción del germanio y estaño que sí son metales.

Este silicio no está libre en la Tierra. Se encuentra como óxidos en formas de cuarzo llamados: Amatista, cuarzo o simplemente 'cristal de roca'.

**Detalles constructivos:**

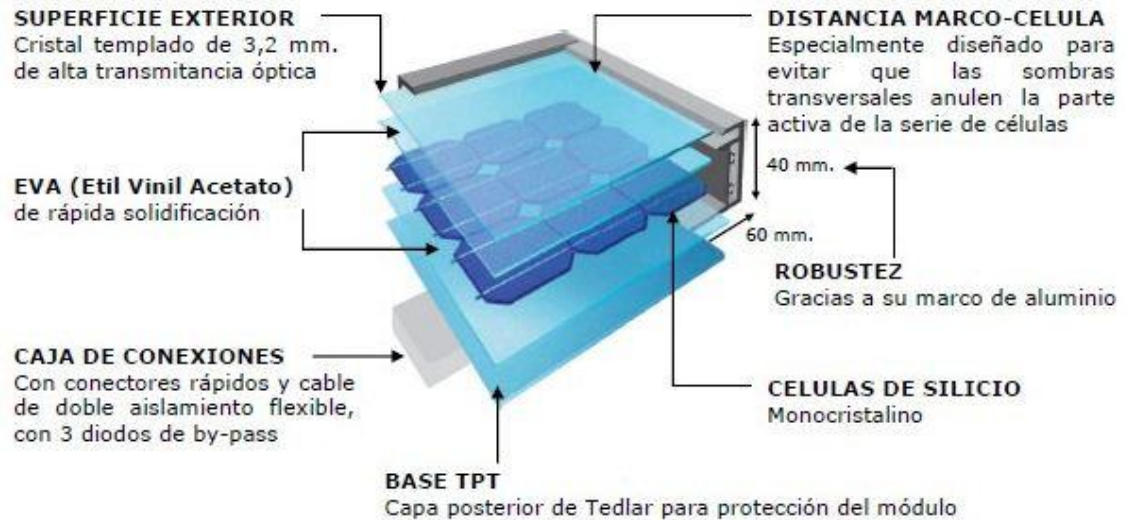


Figura N° 12: Detalles constructivos

Fuente: (PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO, 2019)

Cómodamente se dice también que el silicio se encuentra en abundancia en las rocas y en los minerales.

Vale la pena mencionar que el dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) es la fórmula del conocido como SILICE mientras que el SILICIO (Si) es el símbolo del elemento silicio acotado arriba.

La sílice ( $\text{SiO}_2$ ) se encuentra en formas diversas de 'cuarzo' conocida a la vez como simplemente 'arena' pero todo este interesante conocimiento será motivo de otro artículo especial.

El silicio en las células solares actúa como fuente de fotoelectrones, y proporciona el campo eléctrico para separar las cargas y crear una corriente.

En la superficie de la celda dirigida hacia el sol la más alta radiación solar incidente promedio es de 1000 W/m<sup>2</sup>.

### **Plancha Base**

Consisten en una simple estructura en forma de caja, en forma de fondo que puede ser de madera, de aluminio o de vidrio cuyo tamaño varía acorde al número y tamaño de células.

Sobre esta plancha descansan las células pegadas perfectamente con silicona el mismo que es un perfecto sellador para evitar ingreso de aire, agua o partículas en suspensión incluso menores al tamaño M10 hacia el grupo de las células mencionadas.

Hay costumbre de algunos hacedores de paneles fotovoltaicos usar como plancha base de panel, el vidrio con revestimiento de un material polímero termoplástico conocido como “goma EVA” (Etileno Vinil Acetato)

### **Salida línea a tierra**

Estar preparado para adversidades atmosféricas sobre todo cuando se instalen más módulos de mayor potencia porque estamos sujetos a las derivaciones eléctricas. Obviamente se tiene que utilizar enchufes con ‘tomas de tierra`.



Figura N° 13: Caja de terminales

Fuente: (PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO, 2019)

### **Caja de terminales**

Pequeña caja que va asegurada en la parte posterior del panel y cuenta con bornes de salida para la conexión del panel con otros como batería, regulador o carga directa de consumo.

Es usado para corriente eléctrica derivada producida por el panel donde está asegurada y debe ser resistente a cambios de clima rigurosos.

### **Diodos de Protección**

Protectores de los paneles porque son los “guardianes” para que el flujo de corriente eléctrica se dirija sólo en una dirección, es decir a donde se le indique menos de retorno a las células solares o paneles propiamente.

### 2.2.3.2. Características eléctricas

Según (EVE, 2000) las células fotovoltaicas de un panel proporcionarán más o menos electricidad en función de la mayor o menor cantidad de energía solar que incida sobre su superficie. Pero además, la respuesta de un panel o módulo solar frente a la radiación solar queda determinada por todos los materiales empleados a la hora de su fabricación y, en especial, por las células que lo forman.

Es necesario poder definir varias características del panel solar para poder comparar y determinar calidades, eficacia y estabilidad eléctrica.

En la documentación que entrega el fabricante o el instalador, así como en el etiquetado que el módulo solar fotovoltaico lleva adherido, figura una terminología eléctrica que se explica a continuación.

Además de información general del producto, el tipo de célula, las características físicas del panel (ancho, largo, espesor y el peso), el tipo de caja de conexión, esquema o descripción con las distancias de los agujeros de fijación del marco, aparece lo que se denomina la curva I-V (curva intensidad-voltaje) del módulo solar.

La curva característica I-V de un módulo fotovoltaico informa sobre los distintos valores de tensión e intensidad que puede proporcionar ese módulo.

Se obtiene en condiciones de medida de uso universal, conectando el panel a una resistencia cuyo valor va variando de cero a infinito mientras se miden los distintos valores que resultan de intensidad y tensión. Las condiciones estándar para medir las respuestas de los paneles fotovoltaicos son:

**Condiciones CEM** (condiciones estándar de medición). Se corresponden a una intensidad de luz radiante de  $1\,000\text{ W/m}^2$ , una distribución espectral

(Masa de Aire) AM 1.5 y una temperatura de célula de 25°C. Aquí se miden la potencia máxima (P<sub>MAX</sub>) que puede suministrar el panel, la intensidad de cortocircuito (ISC) y la tensión de circuito abierto (VOC).

**Condiciones TONC** (temperatura de operación nominal de la célula). Se corresponden a una intensidad de luz radiante de 800 W/m<sup>2</sup>, una velocidad de 1 m/s del viento sobre el módulo, una distribución espectral AM 1,5 y una temperatura ambiente de 20 °C. El valor TONC de muchos módulos del mercado actual se encuentra entre 40 °C y 46 °C.

Los parámetros que se reflejan en una curva I-V son:

Intensidad de cortocircuito (ISC)

Intensidad en el momento de máxima potencia (I<sub>MAX</sub>)

Tensión de circuito abierto (VOC)

Tensión en el momento de máxima potencia (V<sub>MAX</sub>)

Potencia pico o potencia máxima (P<sub>MAX</sub>)

Las condiciones de operación.

### **Intensidad de cortocircuito (ISC) y tensión de circuito abierto (VOC)**

La intensidad de cortocircuito se mide en amperios. Es la intensidad máxima que se puede obtener del panel solar, en las condiciones CEM,X provocando un cortocircuito.

Al no haber resistencia al paso de la corriente el voltaje es cero.

La tensión de circuito abierto se mide en voltios. Es el voltaje máximo que se puede obtener del panel solar, en las condiciones CEM, en circuito abierto.

Al no haber conexión entre los bornes del panel, la intensidad es nula.

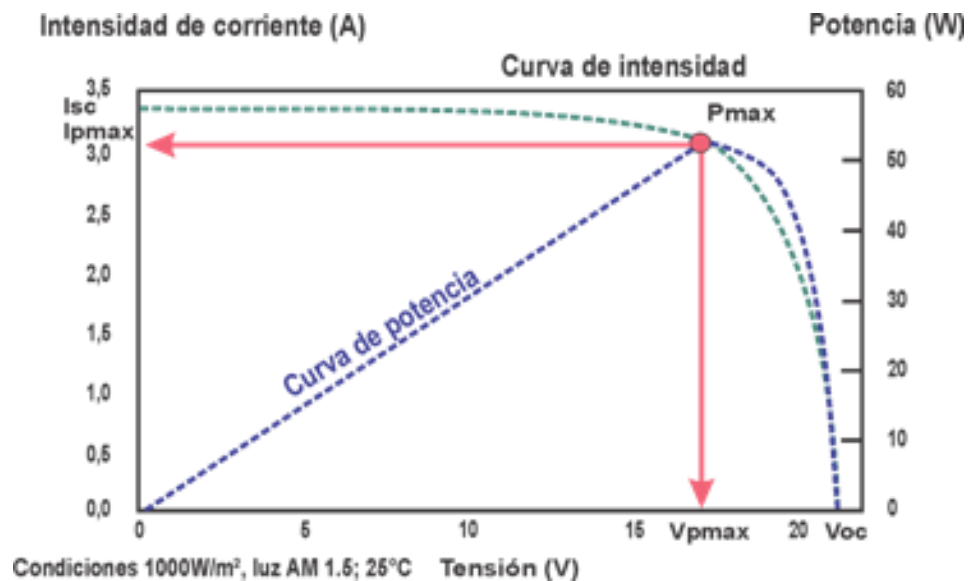


Figura N° 14: Curva I-V , de paneles fotovoltaicos

Fuente: (PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO, 2017)

### Potencia pico o potencia máxima (P<sub>MAX</sub>)

La potencia que es capaz de suministrar un panel se da siempre en vatios pico (Wp). El panel fotovoltaico funciona a potencia máxima cuando proporciona una corriente y una tensión tal que su producto es máximo ( $I_{MAX} \times V_{MAX} = P_{MAX}$ ). A ese punto de coordenadas ( $I_{MAX}$ ,  $V_{MAX}$ ) se le denomina punto de máxima potencia.

Normalmente un panel no trabaja a potencia máxima debido a varios condicionantes, entre otros a que la resistencia exterior está dada por las condiciones particulares del circuito al que esté conectado (la instalación).

Como se ha dicho, los experimentos en laboratorio y los ensayos de módulos solares fotovoltaicos suelen hacerse en condiciones de un sol pico de intensidad ( $1\,000 \text{ W/m}^2$ ). Así, la  $P_{MAX}$  de un panel siempre se supone referida a una intensidad de un sol pico.



También es posible encontrar dentro de las especificaciones del fabricante la potencia mínima  $P_{MIN}$  garantizada contra la degradabilidad de las constantes eléctricas.

#### **2.2.4. Estructuras de soporte**

Según (Valdiviezo Salas, 2014) el tipo de estructura depende de las condiciones climatológicas, la aplicación y los requerimientos específicos de cada proyecto. Para nuestro caso, analizaremos si se debe utilizar seguidores solares o un sistema fijo. (Valdiviezo Salas, 2014)

##### **Sistema Fijo**

Este sistema está fijo y para ello se debe realizar un estudio de determinación de la inclinación adecuada.



Figura N° 15: Estructura fija para paneles fotovoltaicos

Fuente: (SOLARMAT, 2017)

El mantenimiento es mínimo, es la estructura que genera menor eficiencia pero es la más económica.

El sistema fijo tiene mayor duración y casi no requiere mantenimiento. Debido a que no puede variar la inclinación, se debe considerar la lluvia y efecto de sombras en la elección de la inclinación.

### **Seguidores solares**

Especialmente en cielos despejados, con alto efecto de radiación directa (nubosidad baja), se suele utilizar seguidores solares. Estos incrementan los costos iniciales, ya que se necesitan sistemas de control para modificar la inclinación (seguir al sol), un motor, engranajes y demás elementos mecánicos. Además, se necesitan realizar un mantenimiento a estos equipos mecánicos. Sin embargo, al seguir al sol en su trayectoria, suelen incrementar las potencias generadas. Existen diversos tipos de seguidores solares en la actualidad.



Figura N° 16: Instalación con seguidor solar

Fuente: (Valdiviezo Salas, 2014)

### **2.2.5. Sistema fotovoltaico aislado**

Estos sistemas se emplean sobre todo en aquellos lugares en los que no se tiene acceso a la red eléctrica y resulta más económico instalar un sistema fotovoltaico que tender una línea entre la red y el punto de consumo.

Como los paneles sólo producen energía en las horas de sol y la energía se necesita durante las 24 horas del día, es necesario un sistema de acumulación.

Durante las horas de luz solar hay que producir más energía de la que se consume, para acumularla y posteriormente poder utilizarla cuando no se esté generando.

La cantidad de energía que se necesita acumular se calcula en función de las condiciones climáticas de la zona y el consumo de electricidad. De tal manera que en una zona donde haya muchos días soleados al año habrá que acumular poca energía. Si el periodo sin luz no es suficientemente largo, hay que acumular más energía.

El número de paneles a instalar debe calcularse teniendo en cuenta:

La demanda energética en los meses más desfavorables.

Las condiciones técnicas óptimas de orientación e inclinación, dependiendo del lugar de la instalación.

Para optimizar el sistema es necesario calcular correctamente la demanda con el fin de no sobredimensionar la instalación.

Conviene utilizar electrodomésticos e iluminación de bajo consumo, para que de esta manera el sistema sea más económico. Actualmente existe una gran variedad de estos productos de bajo consumo.

## **Elementos**

Básicamente estos sistemas fotovoltaicos constan de los siguientes elementos:

Generador fotovoltaico: Transforma la energía del sol en energía eléctrica y carga las baterías.

Regulador de carga: Controla la carga de la batería evitando que se produzcan sobrecargas o descargas excesivas, que disminuyen la vida útil del acumulador.

Puede incorporar un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia, que es un dispositivo que aumenta el rendimiento de la instalación.

Sistema de acumulación. Baterías: Acumulan la energía entregada por los paneles. Cuando hay consumo, la electricidad la proporciona directamente la batería y no los paneles.

Ondulador: La corriente que entrega la batería es corriente continua y la mayoría de los electrodomésticos que se comercializan, funcionan con corriente alterna. Por este motivo se utilizan onduladores que convierten la corriente continua en alterna.

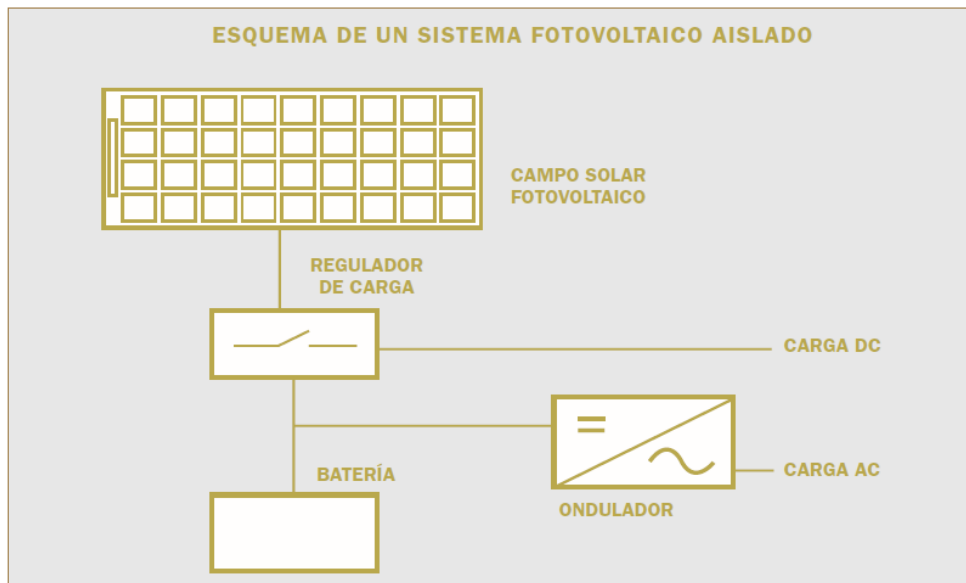


Figura N° 17: Sistema fotovoltaico aislado

Fuente: (Asociación de la industria fotovoltaica, 2003)

### **Mantenimiento**

Según (Asociación de la industria fotovoltaica, 2003) el generador fotovoltaico se estima que tiene una vida útil superior a 30 años, siendo la parte más fiable de la instalación. La experiencia indica que los paneles nunca dejan de producir electricidad, aunque su rendimiento pueda disminuir ligeramente con el tiempo.

Por otro lado las baterías con un correcto mantenimiento tienen una vida aproximada de diez años.

Las operaciones de mantenimiento son:

Los paneles que forman el generador apenas requieren mantenimiento, basta limpiarlos con algún producto no abrasivo cuando se detecte suciedad.

El regulador de carga no requiere mantenimiento, pero sí necesita ser revisado para comprobar su buen funcionamiento.

En las baterías se debe controlar que el nivel de agua del electrolito esté dentro de unos límites aceptables. Para reponerlo se utiliza agua

desmineralizada o destilada. Se debe revisar su nivel mensualmente en cada uno de los elementos y mantener los bornes de conexión libres de sulfato. La medida de la densidad del electrolito puede avisar de posibles averías. Actualmente existen baterías sin mantenimiento o de electrolito gelificado que no necesitan reposición de agua.

El ondulator no necesita ningún mantenimiento especial, únicamente debe comprobarse su buen funcionamiento.

## **2.2.6. Componentes del sistema fotovoltaico**

### **2.2.6.1. Regulador de carga**

Según (Ingemecanica, 2019) un regulador de carga, cuyo emplazamiento se indica con la letra B en la figura adjunta, es un equipo encargado de controlar y regular el paso de corriente eléctrica desde los módulos fotovoltaicos hacia las baterías.



Figura N° 18:Regulador de carga

Fuente: (Ingemecanica, 2019)

Por lo tanto, estos dispositivos funcionan como un cargador de baterías, evitando además que se produzcan sobrecargas y a la vez limitan la tensión de las baterías a unos valores adecuados para su funcionamiento.

De este modo, un regulador de carga se encarga de controlar la forma de realizar la carga de las baterías cuando los paneles solares están recibiendo radiación solar evitando que se produzcan cargas excesivas.

Y a la inversa, esto es, durante el proceso de descarga de las baterías destinado al consumo de electricidad en la vivienda, el regulador evita igualmente que se produzcan descargas excesivas que puedan dañar la vida de las baterías.

De un modo sencillo, un regulador se puede entender como un interruptor colocado en serie entre paneles y baterías, que está cerrado y conectado para el proceso de carga de las baterías, y abierto cuando las baterías están totalmente cargadas.

Asimismo, en la actualidad la mayoría de los reguladores de carga disponen de una función que permite maximizar la energía capturada por el generador fotovoltaico mediante el uso de una tecnología específica de seguimiento y búsqueda del punto de máxima potencia de funcionamiento del generador (MPP, Maximum Power Point), también llamado MPP-tracking ó MPPT (del inglés, track: seguir, rastrear).

El regulador de carga se seleccionará para que sea capaz de resistir sin daños unos valores de tensión nominal e intensidad máxima de acuerdo a la configuración del sistema de generadores fotovoltaicos instalados. De esta manera, éste debe estar dimensionado para soportar la intensidad máxima de corriente generada en el sistema, tanto en la línea de entrada al regulador procedente de los generadores fotovoltaicos, como en la línea de salida hacia las cargas que alimenta.





Figura N° 19: Regulador de carga

Fuente: (Auto Solar, 2019)

En este sentido, la corriente máxima prevista por la línea de entrada al regulador desde los generadores fotovoltaicos es la correspondiente a la corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) del generador fotovoltaico más un margen de seguridad (generalmente un 25%), para tener en cuenta los posibles picos de irradiancia o los cambios de temperatura.

Por otro lado, la corriente máxima prevista por la línea de salida viene dada por el consumo de las cargas del sistema (aparatos eléctricos, electrodomésticos, etc.) también incrementada en un 25% ( $I_{salida}$ ). La elección del regulador será aquel que soporte la mayor de las dos anteriores corrientes eléctricas, como se verá más adelante en este tutorial.

Como ya se ha visto, el regulador actuará interrumpiendo el suministro de electricidad desde las baterías de acumulación hacia la instalación interior de la vivienda cuando el voltaje de las baterías quede por

debajo del umbral de funcionamiento, con objeto de evitar su descarga total que pueda provocar daños en las baterías.

Igualmente, durante los periodos de insolación donde los paneles solares están generando electricidad y el voltaje de las baterías llegue a un valor límite máximo, el regulador interrumpirá la conexión entre los módulos fotovoltaicos y las baterías, o bien actuará reduciendo gradualmente la corriente media entregada por los paneles.

Por lo tanto, a la hora de seleccionar el regulador más idóneo, se deberá tener en cuenta que la tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando la batería haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida, según indique las especificaciones del fabricante de la batería.

Todo regulador de corriente instalado deberá estar convenientemente protegido frente a cortocircuitos que se produzcan en la línea de consumo de la vivienda, además de contra la posibilidad de poder producirse una desconexión accidental de la batería mientras los paneles están generando energía.

Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de generador y acumulador serán inferiores al 4% de la tensión nominal (0,5 V para 12 V de tensión nominal), para sistemas de menos de 1 kW, y del 2% de la tensión nominal para sistemas mayores de 1 kW, incluyendo los terminales. Asimismo, las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de batería y consumo serán inferiores

al 4% de la tensión nominal (0,5 V para 12 V de tensión nominal), para sistemas de menos de 1 kW, y del 2 % de la tensión nominal para sistemas mayores de 1 kW, incluyendo igualmente los terminales.

En todo caso, las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deberán ser inferiores al 3 % del consumo diario de energía.

Por último, indicar que todo regulador que se emplee en la instalación deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:

Tensión nominal (V)

Corriente máxima (A)

Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie

Polaridad de terminales y conexiones

#### **2.2.6.2. Banco de baterías**

El sistema de almacenaje y de respaldo de energía es una de las características más importantes de una instalación FV debido a que es necesario utilizar la energía generada a cualquier hora del día. Para ello se utilizan las baterías, construidas a partir de una celda compuesta de placas llamadas Ánodo-Cátodo y un electrolito capaz de recibir, almacenar y entregar energía. De este modo, grupos de celdas conectadas eléctricamente en serie y paralelo, protegidas del medio ambiente conforman una batería.

### **Funcionamiento de las baterías.**

El funcionamiento de las baterías se puede describir mediante dos principios: la capacidad en Amperes-hora (Ah) y la profundidad de descarga.

La capacidad en (Ah) es simplemente el número de Amperes que la batería puede descargar, multiplicado por el número de horas en que se entrega dicha corriente. Este parámetro determina cuánto tiempo el sistema puede operar una carga determinada sin que haya necesidad de recarga. En teoría una batería de 200 (Ah) podría entregar 200 A durante una hora, 100 A durante dos horas, 1 A durante 200 horas y así sucesivamente. Sin embargo, este no es el caso ya que algunas baterías, como las automotrices, están diseñadas para grandes descargas en periodos cortos. Si la batería es cargada y descargada a una razón diferente a la especificada, la capacidad en (Ah) puede variar. Generalmente, si la batería es descargada a una razón menor, entonces la capacidad será ligeramente mayor (Velazquez Cespedes, Proyecto de instalacion solar fotovoltaica en el departamento de Ingenieria Electrica de la Uniersidad Santiago de Chile, 2012).

Otro factor que influye en la capacidad de la batería es la temperatura. A menor temperatura aumenta la capacidad, a mayor temperatura disminuye la capacidad, no obstante, a mayor temperatura se incrementan las pérdidas evaporativas de la batería reduciéndose así el número de ciclos.

Diseñan para altas descargas iniciales, como puede ser el arranque de un motor, pero continuamente se están cargando y descargando de manera alternativa. Estas baterías, también llamadas de arranque se

diseñan para profundidades de descarga no mayores del 20%. De manera opuesta, las baterías de ciclo profundo se diseñan en función de largos periodos de utilización sin necesidad de recibir recarga, por lo mismo éstas son más robustas y generalmente tienen mayor densidad energética, siendo perfectas para aplicaciones fotovoltaicas. Su profundidad de descarga puede ser hasta del 80% al 100% aproximadamente (Velazquez Cespedes, Proyecto de instalacion solar fotovoltaica en el departamento de Ingenieria Electrica de la Uniersidad Santiago de Chile, 2012).

Las baterías más empleadas en aplicaciones fotovoltaicas y en automóviles son las de Plomo-ácido, éstas tienen la ventaja de ser más económicas que las formadas por otros compuestos. Dependiendo del material con que se mezcle el plomo, resultará la profundidad de descarga de la batería. Así, por ejemplo, si las placas son de una aleación de plomo y antimonio, el antimonio permite que la batería tenga una mayor profundidad de descarga sin que se dañen las placas, esto significa una mayor vida para la batería, y por lo tanto las baterías de Plomo-Antimonio-Ácido son de ciclo profundo. Por otra parte, el calcio aumenta la rigidez del plomo y reduce la auto descarga, sin embargo, la aleación plomo calcio se ve dañada cuando las profundidades de descarga son mayores al 25%, en consecuencia, las baterías Plomo-Calcio-Ácido son de ciclo ligero.

Como la diferencia entre el costo de las baterías solares y de automóviles es notoria, automáticamente nace la idea de optar por ésta última en un sistema fotovoltaico, ver figura 9. Pero existen diferencias sustanciales, ya que la batería para automóviles fue diseñada para

sostener corrientes elevadas por breves instantes (segundos) y el resto del tiempo está siendo cargada o permanece inactiva.



Figura N° 20: Baterías de uso fotovoltaico

Fuente: (Baterías y Amperios, 2019)

En cambio, la batería solar ha sido diseñada para entregar corrientes moderadas, durante largos períodos (horas). Además de poseer una mayor profundidad de descarga.

Otro tipo de batería plomo-ácido es la denominada Gel, en la que el electrolito o ácido se encuentra en estado gelatinoso. Tienen la ventaja de que son completamente selladas y pueden operar en cualquier posición sin regar ácido o gas. Esta hermeticidad unida a una mayor eficiencia a bajas temperaturas (debido al tipo de electrolito) y la nula necesidad de mantención (agregado de agua) la convierten en la solución ideal para instalaciones marinas, de carreteras y de comunicaciones.

La batería de Níquel-Cadmio es otro tipo de batería solar que posee aún mejores características tales como: soportar cargas y descargas excesivas, así como una mayor profundidad de descarga cercana al 100%, sin daño. Ostenta una mayor eficiencia a baja temperatura, soportando una alta combinación de temperatura y humedad ambiente. Aunque el costo de éstas es muy superior al de las otras baterías (aprox. 6 a 8 veces el de una Plomo-ácido), el costo a largo plazo es mucho menor que una batería Plomo-ácido debido a su larga vida útil y baja mantención. Usualmente se forman grupos de baterías conectadas en serie y paralelo constituyendo bancos de baterías con el objetivo de aumentar la capacidad de energía. Las conexiones en paralelo aumentan la intensidad de corriente y las en serie aumentan la tensión de salida (Velazquez Céspedes, Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Santiago de Chile, 2012).

### **Características Eléctricas de las Baterías**

Las características eléctricas más relevantes de las baterías son las siguientes:

**Carga:** Es el proceso por el cual se convierte la energía eléctrica generada por una fuente externa en energía química almacenada en la batería.

**Descarga:** Es la conversión de la energía química de una batería en la energía eléctrica que se utiliza en un dispositivo de consumo eléctrico.

**Ciclo:** Cuando se refiere a las baterías, un ciclo es el proceso por el cual a partir de cierto nivel de energía almacenada la batería se

descarga y posteriormente se carga hasta alcanzar el nivel original de energía.

**Ciclos de vida:** Es la cantidad de ciclos de carga y descarga, bajo condiciones determinadas, que una batería puede soportar antes de disminuir a las condiciones de capacidad que determinan el término de su vida útil.

**Densidad de energía:** Es la energía disponible de una batería por unidad de volumen (Wh/lts) o por unidad de peso (Wh/kg). El fabricante entrega este valor como característica inicial.

**Densidad de potencia:** Es la potencia disponible de una batería por unidad de volumen (W/lts) o de peso (W/kg). El fabricante entrega este valor como característica inicial.

**Régimen de descarga:** Valor de corriente que se extrae de la batería. Normalmente se expresa como una fracción de la capacidad nominal de la batería o se referencia la cantidad de horas de duración de la descarga.

**Días de reserva:** Es la cantidad de días que una batería con carga completa puede satisfacer una determinada demanda de energía, a una cierta tasa de descarga.

**Profundidad de descarga:** Son los Amperes-hora (Ah) extraídos desde una batería con carga completa, expresados como el porcentaje de su capacidad nominal a una tasa de descarga específica.

**Descarga profunda:** Se habla de descarga profunda cuando la batería entrega una cantidad de energía de hasta un 80 % de su capacidad nominal, es decir mantiene un 20 % de su capacidad.



**Descarga superficial:** Es cuando la batería entrega una cantidad de energía hasta un 20 % de su capacidad nominal.

**Tasa de descarga:** Es la intensidad, en Amperes, en que la corriente eléctrica es entregada por la batería a una resistencia eléctrica conectada en sus bornes bajo condiciones específicas de operación.

**Capacidad de energía:** Es la energía, expresada en unidades de Ampere-hora (*Ah*), que una batería puede entregar a una tasa de descarga especificada a partir de un nivel de carga completa hasta descarga completa. Es usual expresar esta capacidad en cantidad de Amperes-hora considerando tensiones nominales en la batería, sea de 6, 12, 24, 48 Volts (V) según corresponda.

**Horas de capacidad:** Es el número de horas que una batería puede entregar una corriente constante antes de alcanzar un nivel de descarga específica (80%, 60%) partiendo de carga nominal.

**Sobrecarga:** Es la corriente que se continúa entregando a la batería después que ésta ha alcanzado su plena carga. Esta energía adicional produce daño a las baterías ya que se producen transformaciones electroquímicas que deterioran los componentes internos.

**Capacidad nominal:** Es un dato proporcionado por el fabricante que indica la cantidad de Amperes-hora que puede ser extraído desde la batería con plena carga a una tasa de descarga específica y a temperatura de operación nominal hasta que se alcanza el valor de descarga nominal.

**Pérdidas de capacidad:** Es el proceso por el cual la capacidad disponible de la batería disminuye por efectos de las reacciones químicas internas de sus componentes básicos. Esta pérdida de

capacidad puede ser paulatina producto del envejecimiento de los componentes o de forma imprevista producto de una operación inapropiada (descarga completa, falla en mantenimiento ó cortocircuito en sus bornes).

**Tensión en circuito abierto:** Diferencia de potencial, expresada en Volt, que aparece en los bornes de una batería cuando se encuentra en circuito abierto, esta tensión o voltaje depende del nivel de carga de la batería siendo mayor en la medida que tiene más carga.

**Tensión nominal:** Es la tensión que aparece en los terminales de la batería en condiciones de plena carga y con intensidad de corriente de descarga.

**Tensión de descarga:** Es la tensión que aparece en los terminales de la batería en condiciones de descarga o cuando se alcance un nivel de descarga determinado. Es recomendable que el fabricante proporcione el valor de la tensión en los bornes de salida en función del porcentaje de carga de la batería.

**Baterías de ciclo profundo:** Son aquellas que se fabrican especialmente para soportar descargas profundas sin sufrir deterioro en su conformación interna.

**Baterías selladas:** Son aquellas que constan de un sistema de protección que impide el derramamiento del electrolito.

### **2.2.6.3. Inversor**

Según (Velazquez Cespedes, PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE, 2012) el inversor es el dispositivo encargado de transformar la energía eléctrica entregada por los paneles FV en forma de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA). Es decir, transformar de 12 V o 24 V y 60 Hertz (Hz). Esto permite utilizar los aparatos eléctricos habituales diseñados para funcionar en CA. CC V CA V (Velazquez Cespedes, PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE, 2012)

La conversión de CC a CA se puede realizar mediante varios métodos, el mejor es aquel que proporciona la onda más cercana a la sinusoidal típica de la CA. El inversor de CC-CA, mediante un circuito electrónico con transistores o tiristores, es capaz de cortar muchas veces cada segundo la corriente continua que recibe, produciendo una serie de impulsos alternativos de corriente que simulan las características de la corriente alterna convencional. Existen además inversores de diferentes tipos de onda: onda cuadrada, onda modificada o casi sinusoidal, pulso modulado, onda sinusoidal y síncronos.

Los primeros inversores proporcionaban un voltaje de salida con forma de onda cuadrada. Con posterioridad aparecieron en el mercado modelos con una forma de onda de salida que representa una aproximación de la sinusoidal, la que recibe el nombre de “casi-sinusoidal” o “modificada”, ver

Figura N° 15. Inversores de este tipo están en uso aún hoy y gozan de una amplia aceptación. Por razones que veremos de inmediato, los inversores que proporcionan una onda cuadrada han sido descontinuados y varios fabricantes ofrecen, en la actualidad, inversores que proporcionan un voltaje cuasi o sinusoidal.

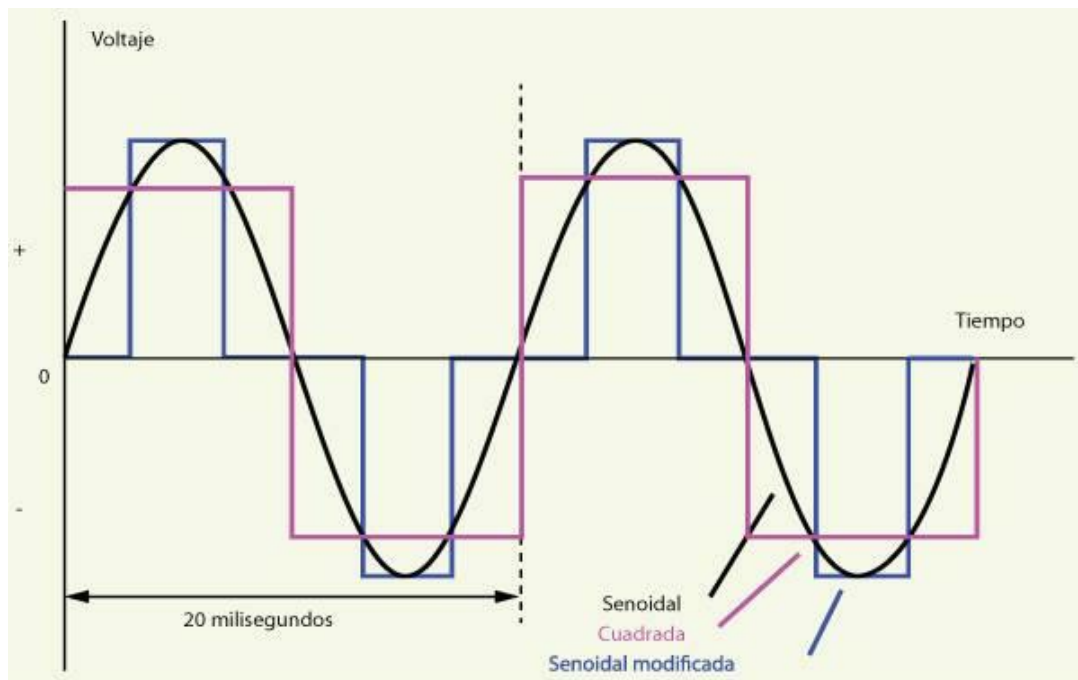


Figura N° 21: Formas de salida de las ondas de un inversor

Fuente: (Editores, 2018)

Los aparatos eléctricos estándar de CA trabajan con una forma de onda sinusoidal de baja frecuencia (50 o 60 Hertz). Cuando la forma de onda de salida del inversor se aleja de la forma sinusoidal, aumentan las armónicas de la frecuencia. Esto es muy importante ya que los armónicas tienen frecuencias altas que producen pérdidas por calor en transformadores y motores eléctricos, interferencias en aparatos electrónicos (ruidos en equipos de audio, rayas en monitores y tv). (Velazquez Cespedes, PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE, 2012)

Debido al consumo del circuito del inversor, la potencia de entrada es siempre mayor que la entregada a la carga, demandando un mayor valor para la corriente de entrada del inversor. Si el estado de carga del banco de baterías es bajo, su voltaje disminuye, forzando corrientes de entrada aún más elevadas. Por eso es común que los inversores tengan circuitos de protección que, automáticamente, desconectan la carga cuando el voltaje de batería está por debajo del mínimo requerido por la unidad. La potencia de trabajo de un inversor está especificada para un determinado rango de temperatura ambiente, como se indica en las especificaciones. Esta capacidad disminuye al aumentar la temperatura ambiente, ya que el equipo no alcanza a transferir al exterior todo el calor generado internamente.

El parámetro eléctrico más importante es la máxima potencia de trabajo que el inversor puede manejar en forma continua. Este valor depende de la temperatura ambiente. Al seleccionar una unidad es conveniente incrementar el valor de la potencia de trabajo dado por el diseño en un 25%, para cubrir transitorios de carga, cargas reactivas y temperaturas ambientes mayores a la dada por la hoja de especificaciones. (Velazquez Cespedes, PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE, 2012)

La conversión de CC a CA se lleva a cabo con una eficiencia que oscila entre el 75 y el 91 %. Esto significa que las pérdidas varían entre el 25 y el 9% de la potencia suministrada a la entrada. Los valores porcentuales más

elevados corresponden a los modelos que manejan un bajo valor de potencia. Esto se debe a que el consumo del circuito del inversor no crece proporcionalmente con el aumento de la potencia que éste puede manejar. Porcentualmente, estas pérdidas representan un menor valor cuando la potencia que maneja el inversor se eleva. Modelos de 100 a 200 W pierden entre 20 y 25 %. Modelos de más de 400 W pierden entre el 9 y el 15 %. Dentro del rango de trabajo especificado para la unidad, el porcentaje de pérdida varía con la carga. (Velazquez Cespedes, PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE, 2012)

En los inversores de baja potencia el consumo del circuito interno no varía aun cuando permanecen inactivos (stand by, en inglés). Los modelos de alta potencia tienen circuitos más elaborados, los que reducen el consumo de reposo a menos del 1.5 % de la máxima potencia que pueden manejar. Esto permite reducir las pérdidas en el sistema sin que el usuario se vea obligado a desconectar manualmente la entrada del inversor.



Figura N° 22: Inversor VICTRON ENERGY

Fuente: (El almacen solar, 2019)

#### **2.2.6.1. Cables**

Bajas tensiones y corrientes elevadas son característicos en sistemas FV, por lo incluso caídas pequeñas de tensión tienden a ser significativas y generan efectos negativos sobre la corriente entregada por el generador fotovoltaico, la regulación de carga de la batería y la vida útil de las lámparas fluorescentes. (Prado Mora, 2008)

Por estas razones, debe evitarse las caídas de tensión dimensionando adecuadamente el cableado. Las secciones de los conductores deben ser tales que las caídas de tensión en ellos sean menores al 5% entre el generador y el regulador, menores de 1 % entre el regulador y las baterías, e inferiores a 5 % entre el regulador de carga y las cargas. Esto en condiciones de máxima corriente. Estas caídas en los conductores, son independientes de las caídas en regulador, mencionadas en el apartado anterior. (Prado Mora, 2008)

Los cables deberán ser aptos para funcionar a la intemperie según la norma IEC 60811, o la norma para cables relevante en el país de interés.

Las terminales de los cables deberán permitir una conexión mecánicamente fuerte, segura y con baja caída de tensión.

Los cables deben asegurarse a las estructuras de soporte o a las paredes, para evitar esfuerzos mecánicos sobre otros elementos de la instalación eléctrica (cajas de conexión, balastos, interruptores, etc.).

En el caso en que se monten sobre una superficie, los cables deben graparse a las paredes, a intervalos adecuados, para asegurar su posición vertical y horizontal (no se recomienda posicionarlos de forma oblicua). De no ser así, deben embutirse en las paredes y recubrirse con yeso o un material similar.

Los cables deben mantenerse fuera del alcance de los niños. (Prado Mora, 2008)

Los cables utilizados en un sistema fotovoltaico están cuidadosamente diseñados. Como el voltaje en un sistema fotovoltaico es voltaje CC bajo, 12 ó 24 V; las corrientes que fluirán a través de los cables son muchos más altas que las de los sistemas con voltaje CA de 110 V o 220 V.

Para suministrar una potencia a 12 V, significa que la corriente será casi 20 veces más alta que en un sistema de 220 V. Esto quiere decir que los cables mucho más gruesos deben usarse para impedir el recalentamiento e incluso la quema de los cables.

El tamaño de los cables lo mostraremos en la siguiente figura N° 28, la corriente máxima que puede influir sin recalentar el cable y la cantidad de potencia que puede producirse a diferentes voltajes.





Figura N° 23: Conductores eléctricos

Fuente: (Ingemecanica, 2019)

#### 2.2.6.2. Cargas

Según (Prado Mora, 2008) las cargas típicas en sistemas fotovoltaicos son las luminarias, radios y televisores.

La iluminación constituye generalmente la mayor parte del consumo. Los radios y televisores son adquiridos directamente por los usuarios en mercados de aparatos electrodomésticos convencionales, son productos altamente estandarizados y de consumo modesto. (Prado Mora, 2008)

Por razones de eficiencia, las lámparas fluorescentes son las más comúnmente utilizadas en sistemas FV. El balasto de la lámpara fluorescente es esencialmente un oscilador que debe asegurar altas eficiencias energéticas y lumínicas, y larga vida de los tubos. Desafortunadamente para asegurar una larga vida, el tubo necesita ser alimentado por una tensión constante. Existen en el mercado balastos que incorporan una etapa estabilizadora de tensión, pero su costo asociado es alto debido a la necesidad de incorporar un transformador adicional. (Prado Mora, 2008)

### 2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.

**Irradiación:** Densidad de energía solar recibida en un determinado periodo de tiempo, medido en  $\text{Wh/m}^2$ , o si es por día,  $\text{Wh/m}^2/\text{día}$ .

**Irradiancia:** Densidad de potencia instantánea recibida, se mide en  $\text{W/m}^2$ .

**Constante Solar:** Se denota como  $B_0$  y es la irradiancia que recibe una superficie perpendicular al sol en el exterior de la atmósfera. Su valor es de unos  $1.367 \text{ W/m}^2$ . La irradiancia terrestre que reciben las placas fotovoltaicas se verá mermada por las variaciones de día/noche, presencia de nubes, ángulo de inclinación, orientación y suciedad. Para calcular las distintas componentes de la radiación sobre una superficie terrestre, será necesario conocer la irradiación incidente sobre una superficie situada fuera de la atmósfera como referencia, denominada radiación extraterrestre.

#### **Corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ )**

Esta magnitud es la intensidad que circula con la celda en cortocircuito, con una iluminación determinada y fija. Su valor es directamente proporcional a la energía solar recibida, y por lo tanto a la superficie total y al nivel de iluminación.

#### **Tensión de vacío ( $V_{co}$ )**

Esta magnitud es la diferencia de potencial entre los bornes de la celda en ausencia de consumo, con una iluminación fija y a una temperatura determinada. Su valor depende de la juntura utilizada y varía muy poco con la intensidad luminosa.

**Corriente óptima ( $I_m$ )**

Esta magnitud es la intensidad que circula por la celda en el punto de funcionamiento óptimo, teniendo aplicada una carga ( $R_m$ ) de valor óptimo, elegida de modo de que la potencia eléctrica sea máxima.

**Tensión óptima ( $V_m$ )**

Esta magnitud es la tensión que origina la corriente óptima, al ser aplicada sobre una carga  $R_m$  de valor óptimo, elegida de modo de que la potencia eléctrica sea máxima.

**Potencia Máxima ( $P$ )**

Es la máxima energía que es entregada por una celda solar cuando pasa por un valor máximo para valores determinados de tensión y corriente fijados en función de la resistencia óptima de carga ( $R_m$ ). Su unidad de medición es el Watt.

**Temperatura límite de funcionamiento ( $^{\circ}\text{C}$ )**

Esta magnitud ronda los 100 grados centígrados.

**Rendimiento ( $\eta$ )**

Esta magnitud es la relación entre la energía eléctrica entregada y la energía luminosa recibida. Su valor ronda el 18 %, según la tecnología constructiva de la celda.

**Acumulador**

Elemento de instalación capaz de almacenar la energía eléctrica, transformándola en energía química. Se compone de diversas baterías conectadas entre sí en serie o en paralelo.

## **Amperio-hora**

Unidad usada para especificar la capacidad de una batería.

## **Balance of System (BOS)**

Representa el resto de componentes del sistema, añadidos a los módulos fotovoltaicos.

## **Baterías**

Acumulan la energía que reciben de los paneles. Cuando hay consumo, la electricidad la proporciona directamente la batería y no los paneles.

## **Diodo de bloqueo**

Diodo que impide que se invierta la corriente en un circuito. Normalmente es usado para evitar la descarga de la batería.

## **Horas de sol pico**

Número equivalente de horas a  $1 \text{ kWh/m}^2$  de radiación solar que produce la misma cantidad de energía solar que bajo las condiciones reales de insolación.

## **Instalación eléctrica**

Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

## **Intensidad eléctrica**

Magnitud eléctrica definida como la cantidad de electricidad que pasa a través de la sección de un cable conductor en un segundo. Se mide en Amperios (A)

**Interruptor**

Aparato utilizado para conectar o desconectar parte de una instalación.

**Rama o serie fotovoltaica**

Subconjunto de módulos conectados en serie o asociaciones serie paralelo con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

**Inversor**

Es un equipo electrónico que convierte la corriente directa (DC) en corriente alterna (AC) para un sistema conectado a la red eléctrica o para un sistema independiente de energía.

**Radiación solar**

Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

**Irradiancia**

Densidad de potencia incidente en una superficie o a energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en  $\text{kW/m}^2$

**Irradiación**

La luz directa, difusa y reflejada que recibe una superficie, usualmente expresada en kilovatios por metro cuadrado, la irradiación multiplicada por tiempo equivale a insolación.

**Conexión Paralela**

Es la conexión de paneles solares que conecta los terminales positivos entre si y los terminales negativos entre sí. El resultado es el mismo voltaje más cada conexión aumenta proporcionalmente la corriente.

## **Corriente Alterna (AC)**

Es un tipo de corriente eléctrica en la que la polaridad se invierte regularmente. En los Estados Unidos y Puerto Rico, se cambia la polaridad 120 ocasiones por segundo o 60 ciclos (Hz) por segundo. Las redes de transmisión eléctrica usan corriente alterna porque el voltaje puede ser controlado con relativa facilidad.

## **Corriente Directa (DC)**

Un tipo de transmisión y distribución de electricidad en donde la electricidad fluye en una sola dirección, usualmente bajo voltaje y altas corrientes. Para proveer energía a su hogar o negocio con corriente alterna (AC) debe tener un inversor de energía.

## **Días de Autonomía**

El número de días consecutivos que un sistema solar con baterías puede proveer energía a sus cargas eléctricas ante la falta de energía solar.

## **Energía Solar**

Son las ondas de energía electromagnéticas transmitidas por el sol. Normalmente manejamos solar pasiva con los materiales de construcción para lograr los diseños, solar fotovoltaica para conversión a energía eléctrica y solar termal para agua caliente.

## **Fotovoltaico (PV)**

Se refiere a la conversión directa de luz solar en electricidad, se le conoce como solar eléctrico y solar fotovoltaico.

## **Fuentes de Energía Renovable**

Es un recurso energético que es regenerativo o virtualmente inagotable, algunos ejemplos son; solar, viento, geotermal y agua.

## CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

En el dimensionamiento del sistema fotovoltaica para electrificar el caserío Flor del Valle ubicado en el distrito de Yambrasbamba, Provincia de Bongará, departamento de Amazonas.

La metodología empleada es la siguiente:

**a) Investigación Aplicada:** Porque se hará uso de los conocimientos y bases teóricas, de la ingeniería para dar solución al dimensionamiento del sistema eléctrico fotovoltaico. Donde La investigación aplicada (Universidad Induamerica, 2018): busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto.

**b) Investigación Descriptiva:** Porque describe primeramente la situación problemática real en que se encuentra el caserío y además describe las características de los equipos seleccionados.

### 3.2. Población y muestra

La población y la muestra es el caserío Flor del Valle, ubicado en el distrito de Yambrasbamba provincia de Bongará, departamento de Amazonas.



### **3.3. Hipótesis**

Aprovechando la energía solar entonces con el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico se logrará suministrar energía eléctrica al Caserío Flor del Valle, ubicado en el Yambrasbamba, provincia de Bongará en el departamento de Amazonas.

### **3.4. Operacionalización de las variables**

X: Variable independiente: Electrificación rural fotovoltaica.

Y: Variable dependiente: Suministro de energía eléctrica.

Tabla N° 1: Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
<b>Variable independiente</b>  Sistema de electrificación fotovoltaica	Una instalación solar fotovoltaica aislada es un sistema de generación de corriente sin conexión a la red eléctrica que proporciona al propietario energía procedente de la luz del sol. Normalmente requiere el almacenamiento de la energía fotovoltaica generada en acumuladores solares -o baterías- y permite utilizarla durante las 24 horas del día. (Hernández, y otros, 2010, p.17)	Dimensionamiento del sistema de electrificación fotovoltaico.	Potencia y unidades de paneles fotovoltaico (kWp). Controladores, baterías (Ah), inversores (P), elementos de protección  Dimensionamiento de la red de distribución secundaria.
<b>Variable dependiente</b>  Suministro de energía eléctrica	Es la energía eléctrica obtenida de la transformación de la energía solar mediante las células solares, que forman parte esencial de los sistemas fotovoltaicos que posibilitan el uso de esta energía eléctrica en distintas aplicaciones. (Hualpa, 2008, p.27.)	Determinar la energía promedio diaria, la tensión de salida, la potencia	Energía promedio diaria. (Wh)  Tensión de suministro (V)  Potencia (W)

Fuente: Elaboración propia

### **3.5. Métodos y Técnicas de investigación**

Método de investigación: deductivo

Técnicas de investigación:

#### **a) Observación directa**

Según (Investigacion de lectoescritura, 2019) es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos.

Es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar. Es indirecta cuando el investigador entra en conocimiento del hecho o fenómeno observando a través de las observaciones realizadas anteriormente por otra persona. Tal ocurre cuando nos valemos de libros, revistas, informes, grabaciones, fotografías, etc., relacionadas con lo que estamos investigando, los cuales han sido conseguidos o elaborados por personas que observaron antes lo mismo que nosotros.

#### **b) Análisis documental**

Este instrumento de medición se utilizó para registrar la información de diferentes bibliografías sobre sistemas de generación eléctrica fotovoltaica.

### 3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

Los instrumentos utilizados en el presente trabajo de investigación; son distintos para cada una de las variables como las etapas del trabajo efectuado.

Tabla N° 2: Instrumentos para las técnicas de investigación

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Observación</b>	Papel, lápiz
<b>Análisis documental</b>	Libros, revistas, páginas de internet, software

Fuente: Elaboración propia

### 3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos

Luego de obtener los datos de la población como por ejemplo los datos de radiación solar promedio diaria, la energía promedio diaria consumida por las cargas y la energía generada con el sistema convencional fotovoltaico, se han organizado en tablas y gráficas de barras utilizando el MS Excel 2016.

La medida de tendencia central que se ha utilizado es el promedio aritmético, la cual permitió expresar en forma resumida los datos de energía eléctrica promedio diario luego de dimensionar los equipos los plasmaremos en un plano elaborado en el software AutoCAD 2016.

## CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. Descripción del sistema propuesto

El sistema fotovoltaico propuesto a implementar en el caserío Flor del Valle para la generación de energía eléctrica, se dimensionó considerando la radiación solar de la zona y el consumo de energía.

Este sistema estará conformado por los siguientes equipos y/o componentes:

**a) Generador Fotovoltaico:** Está formado por un módulo de 20 paneles solares de la marca YINGLI SOLAR, estos se instalarán a un costado para más seguridad y menos riesgos en esta parte están concentrados todo el sistema de generación. El cual estará totalmente circulado e identificado y señalado como zona de alto riesgo, la potencia de cada panel es de 320 Wp, los cuales deben proporcionar la energía necesaria para el consumo.

**b) El controlador de carga:** Estará conformado por 02 controlador (MPPT 150/70 VICTRON ENERGY) de capacidad de 70 A y funcionará a una tensión de trabajo de 48 VDC; estará ubicado en el interior de un tablero metálico para su protección.

**c) La batería:** El banco de baterías instalado lo conforman 16 baterías RITAR de 12V-260 Ah cada una, estas funcionarán a una tensión de trabajo de 48 VDC. El sistema de baterías se ha dimensionado considerando dos días de autonomía.

**d) El convertidor o inversor:** 02 inversor VICTRON ENERGY es de tipo onda pura cuya potencia es de 3 000 W, a una tensión de trabajo de 48 VDC, este equipo suministrara la tensión al sistema en 230 VAC.

**e) Diagrama del sistema fotovoltaico propuesto:**

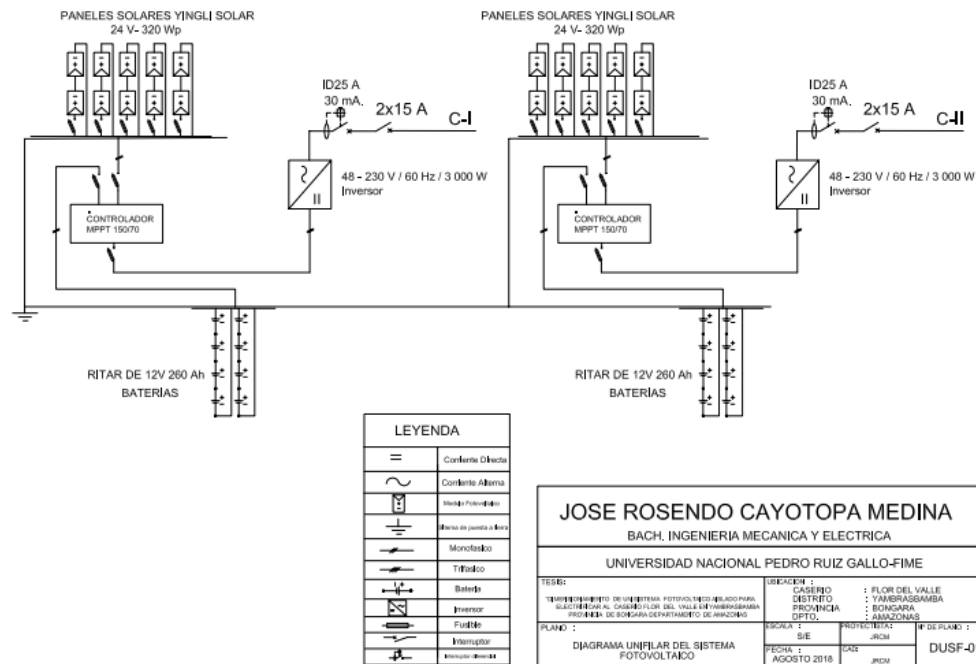


Figura N° 24: Diagrama del sistema fotovoltaico

Fuente: Elaboración propia

**f) Sistema de distribución en 220 V:**

En el plano del ANEXO N° 07, se detalla la propuesta del sistema eléctrico fotovoltaico, en este caso el subsistema de distribución de energía eléctrica es decir la red de distribución secundaria el cual especifica la ubicación de cada vivienda el tipo de armado o poste a utilizar en cada punto el tipo de conductor, puesta a tierra, retenidas.

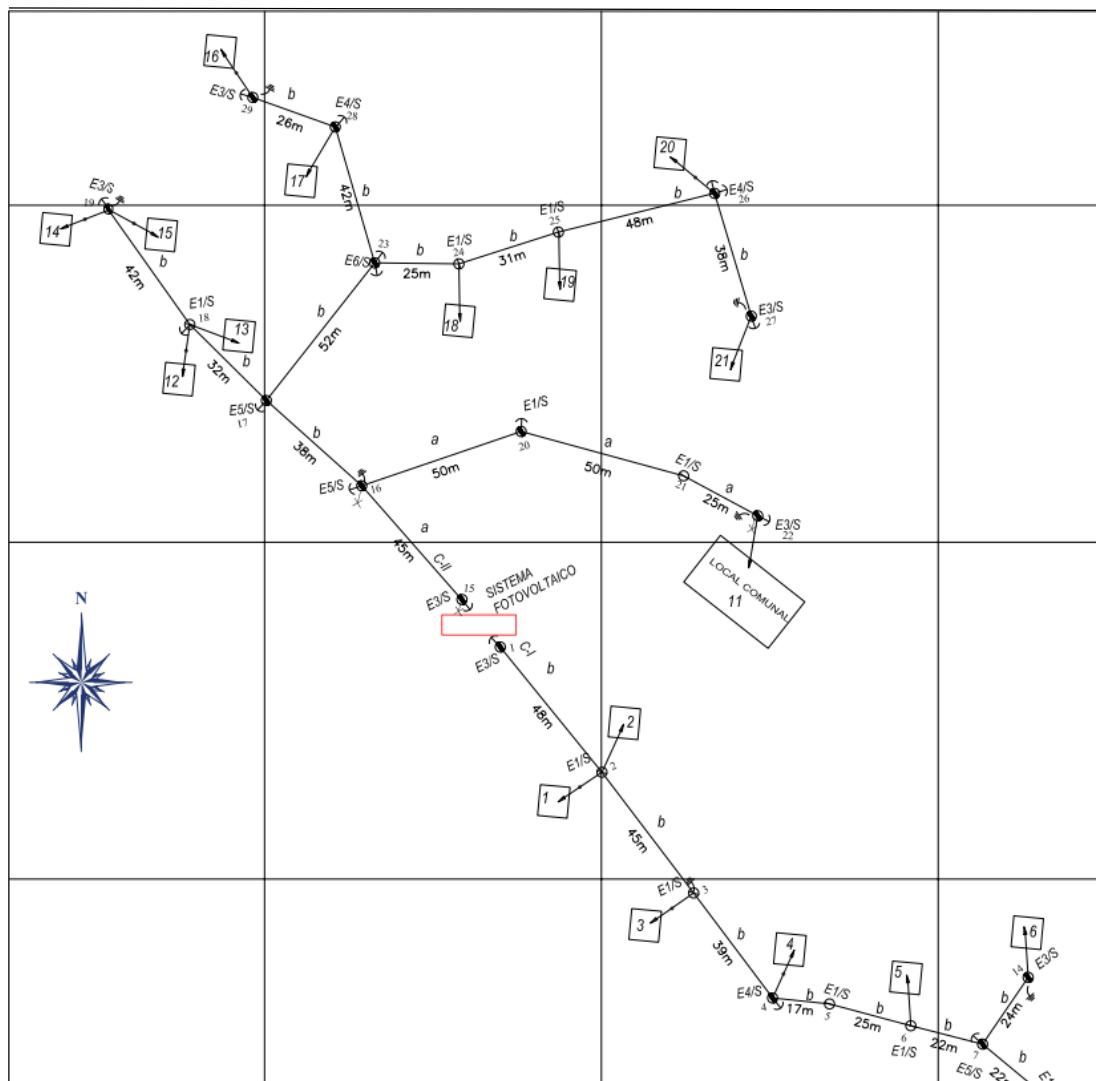


Figura N° 25: Sistema de distribución en 220 V

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1. Nivel de radiación solar en el caserío Flor del Valle

Esta determinación se hace en base al peor mes, es decir el mes que tiene un menor valor de radiación durante el año, y en base a la tabla (horas de sol mensual en el departamento de Amazonas).

Teniendo en cuenta que el caserío Flor del Valle se encuentra ubicado en:

Tabla N° 3: Ubicación del caserío Flor del Valle

Latitud	Longitud
-5.59357666700	-77.7857116670








Fuente: (INEI, 2019)



### 5.1.1. Software Meteonorm

Tabla N° 4: Radiación solar mensual en el caserío Flor del Valle

#### Caserio Flor del Valle

 Radiación		 Temperatura		 Precipitación		 Duración de la insolación	
 Radiación global diaria				 Temperatura diaria		 Tabla de datos	
	Gh kWh/m <sup>2</sup>	Dh kWh/m <sup>2</sup>	Bn kWh/m <sup>2</sup>	Ta °C	Td °C	FF m/s	
Enero	153	83	103	18.8	12.1	3.8	
Febrero	141	73	97	19.9	13.2	3.2	
Marzo	165	73	129	19.8	13.3	3.1	
Abril	167	65	151	18.2	12.2	3.4	
Mayo	169	60	164	15.8	10.6	3.9	
Junio	159	61	156	13.9	9.4	3.6	
Julio	165	59	171	13.5	9.1	3.6	
Agosto	171	62	168	13.3	8.8	3.7	
Setiembre	177	61	168	13.4	8.7	4.2	
Octubre	174	71	152	13.9	9	4.3	
Noviembre	163	66	145	14.7	9.6	4.2	
Diciembre	162	72	137	16.7	11	4.1	
Año	1966	805	1741	16	10.6	3.8	

Fuente: Software Meteonorm

A partir de los datos anteriores confeccionamos la tabla N° 5, con lo cual obtenemos la radiación solar promedio diaria.

Tabla N° 5: Radiación solar promedio diaria en el caserío Flor de Valle

Mes	Gh(kWh/m <sup>2</sup> )	días del mes	Gh(kWh/m <sup>2</sup> /día)
Enero	153	31	4,94
febrero	141	28	5,04
Marzo	165	31	5,32
Abril	167	30	5,57
Mayo	169	31	5,45
Junio	159	30	5,30
Julio	165	31	5,32
Agosto	171	31	5,52
Septiembre	177	30	5,90
Octubre	174	31	5,61
Noviembre	163	30	5,43
Diciembre	162	31	5,23

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 5 consideramos que el menor de esos valores de radiación solar en Flor del Valle es de 4,94 kWh/m<sup>2</sup>/día.

### 5.1.2. Página web de la NASA

Con los datos de latitud y longitud de la tabla N° 3, obtenidos del INEI, ingresamos a la página de la NASA, quien nos proporcionó datos promedios de radiación solar para una data de 22 años, tal como se muestra en la siguiente tabla N° 6.

Tabla N° 6: Radiación solar según la NASA

Northern boundary  
-5  
Western boundary      Center      Eastern boundary  
-78      Latitude -5.5      -77  
                 Longitude -77.5  
Southern boundary  
-6

---

***Parameters for Sizing and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications:***

---

**Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m<sup>2</sup>/day)**

Lat -5.594 Lon -77.786	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
22-year Average	3.74	3.64	3.81	3.89	3.94	3.85	4.01	4.30	4.51	4.51	4.61	4.19	4.08

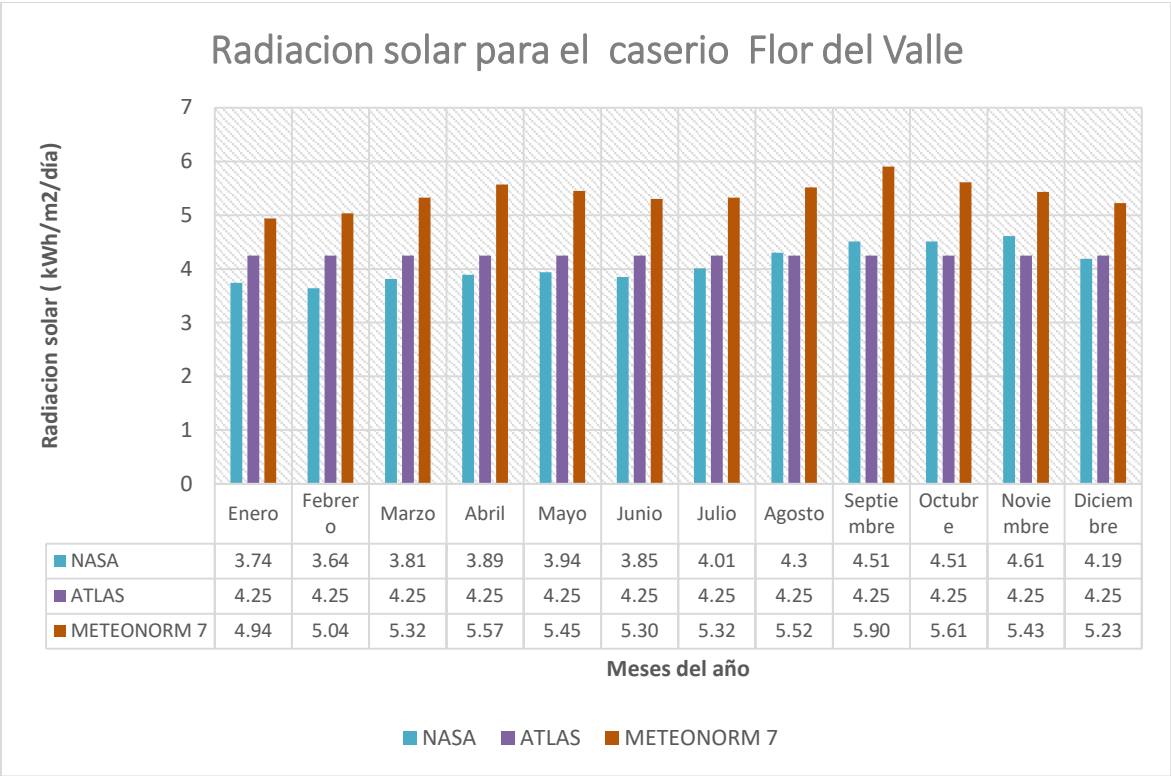
Fuente: (NASA, 2019)

La radiación solar menor de esos valores de radiación en Flor del Valle es de 3.64 kWh/m<sup>2</sup>/día

### 5.1.3. Atlas solar del Perú

La radiación solar en el departamento de Amazonas se encuentra entre 4.0 kWh/m<sup>2</sup>/día y 4.5 kWh/m<sup>2</sup>/día, por lo que se considera el valor medio es decir 4.25 kWh/m<sup>2</sup>/ día

Tabla N° 7: Comparación de datos de radiación solar de diferentes fuentes



Fuente: elaboración propia

De la tabla N° 7, la radiación solar que se considerara para el caserío Flor del Valle es de 3.64 kWh/m<sup>2</sup>/día

## 5.2. Estimación de la energía y la máxima demanda

El número de viviendas del caserío Flor del Valle es de 20, con una población de 55 habitantes, además cuenta 01 local comunal.

Proyección de las viviendas a 20 años:

Tabla N° 8: tasa de crecimiento para el departamento de Amazonas

**AMAZONAS: POBLACIÓN TOTAL Y TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL, 1940 - 2007**

Año	Total	Incremento Intercensal	Incremento Anual	Tasa de Crecimiento Promedio Anual %
1940	89 560			
1961	129 003	39 443	1 878	1,8
1972	212 959	83 956	7 632	4,7
1981	268 121	55 162	6 129	2,6
1993	354 171	86 050	7 171	2,3
2007	411 011	56 840	4 060	1,0

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1940, 1961, 1972, 1981, 1993 y 2007.

Fuente: (INEI, 2009)

De la tabla N° 8, obteniendo el valor promedio de las tasas de crecimiento obtenemos un valor de: 2.48 %, la proyección poblacional para 20 años esto debido a la vida útil de los paneles fotovoltaicos, usaremos la ecuación (1)

$$P_{20} = P_0(1 + i)^n \dots (1)$$

Donde:

Po: Población actual (55 habitantes)

P<sub>20</sub>: Población proyectada al año 20

i: Taza de crecimiento poblacional (2.48%)

Reemplazando los datos obtenemos:

$$P_{20} = 55(1 + 0,0248)^{20} \approx 90 \text{ personas}$$

Para obtener el número de viviendas proyectados consideramos la hipótesis de que el número de habitantes por vivienda permanece en el tiempo, bajo este supuesto entonces obtenemos 33 viviendas

$$N_{\text{viviendas proyectadas}} = \left(\frac{20}{55}\right) \times 90 \approx 33 \text{ viviendas}$$

Para obtener el consumo de energía diaria promedio calcularemos de la siguiente manera:

Tabla N° 9: Cargas en el caserío Flor del Valle

TIPO DE CARGA	CANTIDAD
Domiciliarias	33
Local comunal	1
TOTAL	34

Fuente: Elaboración propia

### Cargas domiciliarias

Tabla N° 10: Consumo de energía eléctrica por unidad de vivienda

Carga	Potencia (W)	Cantidad	Horas Diarias de uso	Consumo diario promedio (Wh)
<b>1. Unidad de vivienda</b>				
Lamparas	8	3	4	96
Radio	10	1	5	50
Carga de celular	5	3	1	15
Televisor	60	1	3	180
<b>Sub total</b>				<b>341,00</b>

Fuente: elaboración propia

Energía diaria:  $341,0 \times 33 \text{ viviendas} = 11\,253 \text{ Wh/día}$

### Local Comunal

Tabla N° 11: Consumo de energía eléctrica promedio diaria en el local comunal

Carga	Potencia (W)	Cantidad	Horas Diarias de uso	Consumo diario promedio (Wh)
<b>Local comunal: 1</b>				
Lamparas	8	2	3	48
Radio	10	1	4	40
Carga de celular	5	1	2	10
<b>Sub total</b>				<b>98,00</b>

Fuente: elaboración propia

Energía diaria:  $98 \times 1 \text{ local comunal} = 98 \text{ Wh/día}$

### Alumbrado publico

Tabla N° 12: Alumbrado público

Nº viviendas	KALP	CMAP (Kwh)	PPL	PUNTOS DE IUMINACION	FS	POT. alumbrado (KW)
20	3,3	66	60	3	1	0,18

Fuente: Elaboración propia

Energía diaria:  $180 \times 12 = 2\,160 \text{ Wh/día}$

Entonces:

**Energía Total Diaria** =  $11\,253 + 98 + 2\,160$

**Energía Total Diaria** =  $13\,511 \text{ Wh/día}$

### 5.3. Dimensionamiento y selección de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico

#### 5.3.1. Generador fotovoltaico

Para calcular el número de paneles necesarios para dimensionar el sistema se emplea la siguiente expresión:

$$\text{Numero de paneles}(N_{MF}) = \frac{E_{elec}}{HSP \times R \times \text{Potencia pico}(W_p)} \dots (2)$$

Factor global de rendimiento de instalación (R):

$$R = 1 - \left[ (1 - K_b - K_c - K_v) K_a \left( \frac{N}{PD} \right) \right] - K_b - K_c - K_v \dots (3)$$

**Ka = Coeficiente de Auto descarga;** es la fracción de energía de la batería que se pierde al día por auto descarga.

**Kb = Coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador,** representa la fracción de energía que no devuelve la batería con respecto a la que absorbe procedente del campo generador.

**Kc = Coeficiente de pérdidas en el inversor,** el rendimiento de un inversor debe ser suministrado por el fabricante.

**Kv = Coeficiente de otras perdidas,** tiene en cuenta cualquier otra pérdida no considerada anteriormente (perdidas en los aparatos eléctricos cables de construcción y conexiones)

**Kb = 0,05, Ka = 0,0005** (generalmente)

**Kc = 0,2.** Cuando hay convertidor senoidal que afecta a todo el circuito de consumo.

**Kv = 0,15** Si las potencias de partida son las teóricas de cada aparato  
Reemplazando:

$$R = 1 - \left[ (1 - 0,05 - 0,2 - 0,15) 0,0005 \times \left( \frac{2}{0,7} \right) \right] - 0,05 - 0,2 - 0,15 = 0,59$$

$\approx 0,6$



$$\text{Numero de paneles}(N_{mf}) = \frac{13\,511 \left(\frac{kWh}{dia}\right)}{3,64 \times 0,6 \times 320} = 19,33 \approx 20$$

***Se utilizaran 20 paneles fotovoltaicos de 320 Wp de la marca***

***YINGLI SOLAR***

El panel solar que se utilizará para nuestro sistema eléctrico fotovoltaico será de la marca YINGLI SOLAR de 320 Wp, por ser de marca reconocida y potencia comercializable.

Tabla N° 13: Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos

## YGE 72 CELL SERIES 2

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Parámetros eléctricos en condiciones de prueba estándar (STC)								
Tipo de módulo			YLxxxP-35b (xxx=P <sub>max</sub> )					
Potencia de salida	P <sub>max</sub>	W	330	325	320	315	310	305
Tolerancias de potencia de salida	ΔP <sub>max</sub>	W	0 / - 5					
Eficiencia del módulo	η <sub>m</sub>	%	17.0	16.7	16.5	16.2	16	15.7
Tensión en P <sub>max</sub>	V <sub>mpp</sub>	V	37.4	37.3	37.0	36.8	36.3	36.1
Intensidad en P <sub>max</sub>	I <sub>mpp</sub>	A	8.84	8.72	8.64	8.56	8.53	8.45
Tensión en circuito abierto	V <sub>oc</sub>	V	46.4	46.3	46.0	45.7	45.6	45.4
Intensidad en cortocircuito	I <sub>sc</sub>	A	9.29	9.24	9.18	9.12	8.99	8.93

STC: 1000 W/m<sup>2</sup> de irradiación, 25°C de temperatura de célula, espectro AM 1.5g conforme a la EN 60904-3.  
Reducción media de la eficiencia relativa de 3,3% a 200 W/m<sup>2</sup> según la EN 60904-1.

Fuente: catalogo YINGLI SOLAR (ANEXO 02)

Fuente: (Auto solar, 2017)

Tabla N° 14: Características de los paneles fotovoltaicos

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Dimensiones (Longitud /Ancho /Alto)	1960mm / 992mm / 40mm
Peso	22kg

ESPECIFICACIONES DE EMBALAJE	
Número de módulos por palé	26
Número de palés por contenedor de 40´	24
Dimensiones de la caja de embalaje (L/A/A)	1995mm / 1145mm / 1170mm
Peso de la caja	616kg

Fuente: (Auto solar, 2017)

#### Numero de paneles fotovoltaicos en serie ( $N_{\text{modulos en serie}}$ )

$$N_{\text{modulos en serie}} = V_{\text{de trabajo}} / V_{\text{modulof}} = 48 / 24 = 2 \dots (4)$$

#### Numero de ramas de paneles fotovoltaicos en paralelo ( $N_{P\text{ mf}}$ )

$$N_{P\text{ mf}} = N_{\text{modulos}} / N_{\text{modulos en serie}} \dots (5)$$

$$20 / 2 = 10$$

#### 5.3.2. Orientación del generador fotovoltaico

Para aprovechar al máximo la radiación solar que incide sobre el campo de la Mini-central fotovoltaica se debe tener en cuenta:

Orientación de los paneles fotovoltaicos: hacia el sur si el lugar está en el hemisferio norte y hacia el norte si el lugar está hacia el hemisferio sur.

Orientación e inclinación optima ( $\beta_{opt}$ ):

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |\varphi|) \dots (6)$$

donde:

$|\varphi|$ : Latitud del lugar sin signo

Reemplazando la latitud cuyo valor es de:  $-5,6^\circ$

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |5,6^\circ|)$$

$$\beta_{opt} = 7,56^\circ$$

Hay que tener en cuenta que es más recomendable una inclinación mayor a  $15^\circ$ , con la finalidad de que el agua de la lluvia pueda circular adecuadamente sobre el panel además de la no retención de mucho polvo, pero según datos recopilados se emplea una inclinación de  $15^\circ$  en el norte del Perú.

El caserío Flor del Valle está en el hemisferio sur, en consecuencia, el generador fotovoltaico se orientará hacia el norte magnético, con una inclinación de  $15^\circ$  con respecto a la horizontal.

### **5.3.3. Estructuras de soporte**

Utilizaremos estructuras de soporte de la marca Monsolar tal como se muestra en la figura N° 26.



Figura N° 26: Estructuras de soporte para paneles fotovoltaicos

Fuente: (Monsolar, 2019)

### Características de las estructuras

#### Ángulo:

El **ángulo de inclinación** de la estructura **debes solicitarlo** con tu pedido.

Para instalaciones de Autoconsumo, el ángulo óptimo de inclinación es igual a la latitud del lugar.

Para instalaciones aisladas que se usen principalmente en verano, el ángulo óptimo de inclinación es la latitud -10.

Para instalaciones aisladas de uso habitual (todo el año), el ángulo óptimo de inclinación es igual a la latitud +10. De esta forma optimizamos la captación para el periodo de menor radiación, que es el invierno.

#### Medidas Panel:

Los paneles de 60 células, están compuestos cuadradas de 156 mm x 156 mm dispuestas en una matriz de 10 verticales por 6 horizontales.

Las potencias de los módulos de 60 células suelen ser entre los 200 Wp y los 260 Wp para los módulos más nuevos. Siendo el más vendido actualmente el módulo de 250 W. (Paneles de mayores potencias suelen ser muy grandes y

poco manejables, normalmente desaconsejamos su uso)

Y las medidas de los paneles de 60 células suelen estar entre:

**Longitud:** 1400mm y 1700mm

**Ancho:** 900mm y 990mm

**Alto:** 40mm y 50mm



Figura N° 27: Dimensiones de la estructura

Fuente: (Monsolar, 2019)

#### 5.3.4. Selección del regulador de carga

La corriente eléctrica máxima que circulara por el regulador ( $I_{REG}$ ) queda determinada por la siguiente ecuación:

$$I_{REG} = 1,25 \times I_{\text{Corto circuito mf}} \times N_{\text{ramas en paralelo}} \dots (7)$$

$$I_{REG} = 1,25 \times 9,18 \times 10 \text{ A}$$

$$I_{REG} = 114,75 \text{ A}$$

Consideraremos trabajar con controladores Victron Energy Blue Solar de 70

A cuyas características se muestran a continuación

Tabla N° 15: Especificación técnicas del controlador Blue Solar 150/70

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				

Fuente: (Victron Energy, 2017)

El número de reguladores ( $N_{\text{reguladores}}$ ):

$$N_{\text{reguladores}} = I_{\text{REG}} / I_{\text{regulador seleccionado}} \dots (8)$$

$$N_{\text{reguladores}} = \frac{114,75}{70} = 1,64 \approx 2$$

***Se utilizaran 2 reguladores VICTRON ENERGY 150/70***

### 5.3.5. Selección del banco de baterías

Para determinar la capacidad del banco de baterías hay que considerar la energía eléctrica requerida por la carga ( $E_{\text{elec}}$ ), la tensión del sistema ( $V_T$ ) es de 48 V, la profundidad de descarga ( $P_D$ ), y el número de días de autonomía ( $N_D$ )

$$C_T = (N_D \times E_{elec}) / (P_D \times V_T) \dots (9)$$

Reemplazando datos tenemos:

$$C_T = (2 \times 13\,511) / (0,70 \times 48)$$

$$C_T = 804,23 \text{ Ah}$$

Consideraremos trabajar con las baterías RITAR por ser de una marca reconocida (ver Figura N° 20)



Figura N° 28: batería RITAR 260 Ah (ANEXO 04)

Fuente: (Auto Solar Peru, 2019)

El número de baterías que conectaremos en serie:

$$N_{\text{baterías-serie}} = V_{\text{tension de trabajo}} / V_{\text{Tension de la bateria}} \dots (10)$$

Reemplazando datos:

$$N_{\text{baterías en serie}} = \frac{48}{12} = 4$$

Número de ramas de baterías en paralelo:

$$N_{\text{ramas de baterías paralelo}} = C_{\text{banco}} / C_{\text{de la batería seleccionada}} \dots (11)$$

Entonces reemplazando tenemos que el número de ramas de baterías en paralelo:

$$N_{\text{ramas de baterías paralelo}} = \frac{804,23}{260} = 3,09 \approx 4$$

***Se utilizaran 16 baterías RITAR de 260 Ah***

#### 5.3.6. Selección del inversor

Para el cálculo de la potencia requerida por el inversor usaremos la ecuación (12):

$$\text{Potencia de la carga} = \frac{E_{\text{elec}}}{HSP} \dots (12)$$

$$\text{Potencia de la carga} = \frac{13\,511}{3.64} = 3.71 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia de entrada al inversor} = \frac{\text{Potencia de la carga}}{\text{Rendimiento del inversor}} \dots (13)$$

$$\text{Potencia de entrada al inversor} = \frac{3,71}{0,94} = 3,95 \text{ kW}$$



Para determinar el número de inversores necesarios y proponiendo inversores de la marca VICTRON ENERGY de 3 kW tenemos lo siguiente, usando la ecuación (13):

$$N_{\text{inversores}} = \frac{\text{Potencia de entrada del inversor}}{\text{Potencia del inversor seleccionado}} \dots (14)$$

$$N_{\text{inversores}} = \frac{3,95 \text{ kW}}{3,0 \text{ kW}} = 1,32 \approx 2$$

***Se usaran 2 inversores VICTRON ENERGY de 3 Kw***

### **5.3.7. Determinación de los conductores eléctricos de interconexión**

Para la selección adecuada del calibre de los conductores eléctricos, primero se deberá de tener en cuenta la clase de corriente eléctrica que fluirá entre los componentes de la mini-central fotovoltaica, a saber:

Corriente alterna: entre el inversor y la carga instalada

Para cálculos eléctricos de corriente alterna se empleará la siguiente ecuación:

$$S_{\text{CABLE}} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} \dots (15)$$

Donde:

$S_{\text{CABLE}}$  = Sección mínima recomendada [ $\text{mm}^2$ ].

$L$  = Longitud tramo [m].

$I$  = Corriente para cada tramo de la instalación [A].

$\Delta V$  = Caída máxima permitida para cada tramo [V].

Tabla N° 16: Tabla de conductores eléctricos NYY



### TABLA DE DATOS TECNICOS NYY DUPLEX

CALIBRE N° x mm²	N° HILOS	ESPEORES		DIÁMETRO EXTERIOR mm	PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
2x1x6	1	1	1.4	15.4	218	77	58	62
2x1x10	1	1	1.4	17	307	105	80	85
2x1x16	7	1	1.4	19.3	454	136	108	112
2x1x25	7	1.2	1.4	22.5	672	170	140	140
2x1x35	7	1.2	1.4	24.6	880	205	175	170

Fuente: (INDECO, 2010)

**Conductor entre el generador fotovoltaico y el regulador de carga; caída de tensión  $\Delta V \leq 3 \%$**

En el catálogo del panel YINGLI SOLAR de 320 Wp

$$I_{\text{Cortocircuito del panel}} = 9,18 \text{ A}$$

$$I_{\text{Generador-regulador}} = 1,25 \times I_{\text{Cortocircuito del panel}} \times$$

$$N_{\text{ramas en paral. x regulador}} \dots (16)$$

$$I_{\text{Generador-regulador}} = 1.25 \times 9.18 \times 5 = 57.38 \text{ A}$$

$$S_{\text{CABLE}} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} \dots (17)$$

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times 7 \times 57,38}{56 \times 1,44}$$

$$S_{CABLE} = 9,97 \text{ mm}^2$$

De la tabla N° 16, Seleccionamos el conductor de  $10 \text{ mm}^2 - NYY$

**Conductor entre la batería y el regulador de carga; caída de tensión  $\Delta V \leq 1$  %**

En el catálogo del panel YINGLI SOLAR de 320 Wp

$$I_{\text{Cortocircuito del panel}} = 9,18 \text{ A}$$

$$I_{\text{Generador-regulador}} = 1,25 \times I_{\text{Cortocircuito del panel}} \times N_{\text{ramas en paral. x regulador}}$$

$$I_{\text{Generador-regulador}} = 1,25 \times 9,18 \times 5 = 57,38 \text{ A}$$

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times 4 \times I}{56 \times \Delta V}$$

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times 4 \times 57,38}{56 \times 0,48}$$

$$S_{CABLE} = 17,08 \text{ mm}^2$$

De la tabla N° 16, Seleccionamos el conductor de  $25 \text{ mm}^2 - NYY$

**Conductor entre el inversor y la carga; caída de tensión  $\Delta V \leq 1$  %**

$$I_{\text{MAX inv}} = 1,25 \times P_{\text{inversor}} / (V_{\text{tension de trabajo}} \times \eta_{\text{inversor}}) \dots \textbf{(18)}$$

$$I_{\text{MAX inv}} = 1,25 \times 3000 / (48 \times 0,94) = 83,11 \text{ A}$$

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V}$$

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times 4 \times 83,11}{56 \times 0,48}$$

$$S_{CABLE} = 24,74 \text{ mm}^2$$

De la tabla N° 16, Seleccionamos el conductor de  $25 \text{ mm}^2 - \text{NYY}$

#### 5.3.7.1. Protección contra sobre intensidades

#### 5.3.7.2. Selección de elementos de protección: fusibles

Según (Ingemecanica, 2019) para la protección contra sobre intensidades originadas por sobrecargas o cortocircuitos se utilizarán fusibles, usaremos la relación (17), de donde obtenemos

Tabla N° 17: Selección de fusibles

Generador - fotovoltaico - Regulador	$I_b \leq I_n \leq 0,9 \cdot I_{adm}$ $57,38 \leq I_n \leq 0,9 \cdot (85)$ $57,38 \leq I_n \leq 76,50$ $I_n = 63 \text{ A}$
Regulador - Batería	$I_b \leq I_n \leq 0,9 \cdot I_{adm}$ $57,38 \leq I_n \leq 0,9 \cdot (140)$ $57,38 \leq I_n \leq 126$ $I_n = 63 \text{ A}$
Batería- Inversor	$I_b \leq I_n \leq 0,9 \cdot I_{adm}$ $83,11 \leq I_n \leq 0,9 \cdot (140)$ $83,11 \leq I_n \leq 126$ $I_n = 100 \text{ A}$

Fuente: elaboración propia

### 5.3.7.3. Protección del inversor

Se usarán interruptores termomagnéticos bipolares de 15 A.

$$I_{interruptor-termomagnetico} = \frac{P_{inversor}}{220} = 13.64 \text{ A}$$

Además, usaremos un interruptor diferencial bipolar de 30 mA de sensibilidad.

### 5.3.7.4. Sistema de puesta a tierra

Según (Aplicaciones tecnologicas, 2015) la toma de tierra es un elemento fundamental de cualquier instalación eléctrica. Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión español: “Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados”. Por lo tanto, las tomas de tierra protegen tanto a los equipos como a las personas de diferencias de potencial peligrosas. Los objetivos de un sistema de puesta a tierra en baja tensión son los siguientes:

- Proveer seguridad a las personas limitando la tensión de contacto.
- Proteger las instalaciones dando un camino de baja impedancia.
- Mejorar la calidad de la señal minimizando el ruido electromagnético.

- Establecer un potencial de referencia equipotencializando el sistema.

La sección mínima de la línea principal de tierra es de 16mm<sup>2</sup> según el C.N.E.

### **5.3.8. Dimensionamiento del sistema de distribución en 220 V**

Para el dimensionamiento del sistema de distribución lo haremos en base a la norma D.G.E. “Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural”.

#### **5.3.8.1. Cálculos eléctricos**

##### **Cálculo de caída de tensión**

La fórmula para calcular redes aéreas es la siguiente:

$$\Delta V = K \times L \times I \times 10^{-3} \dots (19)$$

Donde:

I = Corriente eléctrica que recorre el circuito, en A

L = Longitud del tramo, en m

K = Factor de caída de tensión

Los valores de K, se pueden observar en la tabla N°18.

##### **Máxima caída de tensión permisible**

Para red de distribución rural la caída máxima de tensión entre la subestación de distribución y el extremo terminal más alejado de la red no deberá exceder el 7,0 % de la tensión nominal.

Sistema 220 V: Máxima caída tensión 15,4 V.

El sistema de distribución va ser monofásico en 220 V, se ha considerado el conductor 1x16/25, el cual tiene una capacidad de corriente de 64 A, según la Tabla N° 18, de la potencia del inversor obtenemos la corriente eléctrica de diseño:

Aquí consideraremos la potencia del inversor

$$I_{\text{MAX carga}} = \frac{P_{\text{inversor}}}{220} = 13,64 \text{ A}$$

Como:  $13,64 < 64$  (Tabla N° 18)

Tabla N° 18: Características eléctricas de los conductores eléctricos seleccionados

Cable	K (factor de caída de tensión)	Capacidad de corriente (A)
2x16/25	3,272	64
1X16/25	3,272	64

Fuente: norma D.G.E. rd031-2003-EM

### Distancias mínimas del conductor a superficie del terreno

Tabla N° 19: Distancias mínimas del conductor a la superficie del terreno

Disposición	Carreteras y avenidas	Calles y Caminos	Áreas no transitables por vehículos	Calles y caminos en zonas rurales
Al cruce	6,5	5,5	4,0	5,5
A lo largo	5,5	5,0	4,0	4,5

Fuente: CNE

### **Cargas de alumbrado**

Los puntos de iluminación se han establecido según la Norma DGE de Alumbrado de Vías Públicas vigente para la zona; por lo tanto, en este caso la iluminación corresponde exclusivamente a lo indispensable y de acuerdo a los requerimientos de un sistema rural, limitándose únicamente a las plazas públicas, calles principales y/o vías de acceso a la localidad. (Sector Típico 3).

Tabla N° 20: Lámparas de alumbrado y sus potencias

Tipo de Lámpara	Pot. de Lámpara (W)	Pérdidas (W)	Total (W)
Vapor de Sodio	50	10	60

Fuente: norma D.G.E. rd031-2003-EM

**Los cálculos mecánicos** tienen la finalidad de determinar las tensiones y flechas en las diversas condiciones de operación.

### **Hipótesis de estado**

Para los cálculos mecánicos del conductor las hipótesis de estado se definen sobre la base de los factores meteorológicos, tal como se observa en la tabla N° 21.



Tabla N° 21: hipótesis para usar la ecuación de cambio de estado

<b>HIPÓTESIS N° 1: Condición de máximo esfuerzo</b>	Temperatura: 5°C. Velocidad de viento: 70 Km/h.
<b>HIPÓTESIS N° 2: Condición de mayor duración (EDS)</b>	Temperatura: Media anual (entre 15 y 25°C, salvo excepciones) 15° C. Velocidad de viento: Nula.
<b>HIPÓTESIS N°3: Condición de flecha máxima</b>	Temperatura: 50°C. Velocidad de viento: Nula.

Fuente: CNE

### **Esfuerzos mecánicos en el conductor portante**

- a) El esfuerzo del conductor portante de aleación de aluminio será en todos los casos, de 52,3 N/mm<sup>2</sup>, aproximadamente 18 % del esfuerzo de rotura del conductor.
- b) El esfuerzo máximo del conductor no superará 176 N/mm<sup>2</sup>.
- c) Cuando, debido a la presencia de hielo, los esfuerzos en el conductor portante sobrepasarán lo máximo establecido, consultor podrá adoptar un esfuerzo EDS menor a 52,3 N/mm<sup>2</sup>.

### **La carga Unitaria Resultante del Conductor**

$$W_r = \sqrt{W_c^2 + W_v^2} \dots (20) \quad \text{Donde:} \quad W_v = \frac{d * P_v}{1000} \dots (21)$$

Pv: Presión del viento (Kg/m<sup>2</sup>)

d: Diámetro del conductor (mm)

Wc: Peso propio del conductor (Kg/m)

### **Flecha del Conductor.**

$$f = \frac{W_r * L^2}{8A\sigma} \dots(22)$$

Wr: Peso resultante del conductor (Kg/m).

L: Vano (m).

A: Sección del conductor (mm<sup>2</sup>).

σ<sup>2</sup>: Esfuerzo en la hipótesis considerada (Kg/mm<sup>2</sup>).

**Vano Básico:** Con la finalidad de obtener un vano representativo de varios vanos diferentes entre dos estructuras de anclaje surge la necesidad de definir el vano básico ya que el tensado de conductores; comprendidos entre dos estructuras de anclaje debe tener el mismo esfuerzo a lo largo de todo el tendido de la línea.

$$V_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n L_i^3}{\sum_{i=1}^n L_i}} \dots (23)$$

Dónde:

Vb: es el vano básico

Li: son los vanos entre dos postes de anclaje

Consideramos los vano entre la estructura 11 y la estructura 13 (ver Anexo N° 9):

$$V_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n L_i^3}{\sum_{i=1}^n L_i}} = 50,58 \text{ m} \approx 51 \text{ m}$$

Consideraremos un vano básico de 57 m (por ser el vano de mayor longitud en la red de distribución secundaria).

Ayudándonos de una hoja de Excel para la ecuación del cambio de estado obtenemos los siguientes resultados que se muestran en la tabla N° 22.

Tabla N° 22: Resultados de la ecuación de cambio de estado

<b>TABLA DE CALCULO MECANICO DE CONDUCTORES</b> (Sección Portante : 25 mm2. )      DISPOS.: 1 x 16 + N25							
Vano (m)	40	45	50	53	55	57	60
<b>HIP. I</b>							
σ (Kg/mm²)	7,96	8,15	<b>8,34</b>	8,43	8,52	8,60	8,68
f (m)	0,40	0,49	<b>0,59</b>	0,65	0,70	0,75	0,81
<b>HIP. II</b>							
σ (Kg/mm²)	5,44	5,44	<b>5,44</b>	5,44	5,44	5,44	5,44
f (m)	0,24	0,30	<b>0,37</b>	0,41	0,45	0,48	0,52
<b>HIP. III</b>							
σ (Kg/mm²)	2,51	2,67	<b>2,82</b>	2,89	2,96	3,02	3,08
f (m)	0,51	0,61	<b>0,71</b>	0,76	0,82	0,86	0,92

Fuente: Elaboración propia del autor

A continuación, calcularemos la altura de los postes de C.A.C.

### Altura del poste:

Para postes con respecto al suelo se considera una distancia mínima de 5,50 m. La distancia del vértice del poste al inicio del gancho de suspensión será de 0,30 m

La flecha según los vanos y tipo de conductores.

La longitud de empotramiento será:

$$\text{Atura de empotramiento} = \frac{H}{10} + 0,2.. \textbf{(20)}$$

La altura necesaria del poste será:

$$H = \frac{H}{10} + 0,2 + D_{min} + F_{max} + H_c$$

Donde:

H: Altura del poste en metros.

D<sub>mín</sub>: Distancia mínima al terreno en metros.

F<sub>máx</sub>: Flecha máxima en metros.

H<sub>c</sub>: Distancia del punta del poste al conductor más bajo en metros.

Para:

D<sub>mín</sub> = 5,5 m.

F<sub>máx</sub> = 0,86 m.

Tenemos H = 7,62 m.

Entonces en la red de distribución secundaria utilizaremos postes de

C.A.C. de 8 m

Tabla N° 23: Características de los cables autoportantes

FORMACION	SECCION DEL CONDUCTOR PORTANTE (mm <sup>2</sup> )	DIAM. EXTERIOR TOTAL (mm)	MASA TOTAL (kg/m)	MODULO DE ELAST. DEL PORTANTE (kN/mm <sup>2</sup> )	COEFICIEN. DE DILAT. TERMICA (1/°C)
3x35+16/25	25	20,0	0,481	60,82	21x10-6
3x25+16/25	25	18,5	0,397	60,82	21x10-6
3x16+16/25	25	16,5	0,310	60,82	21x10-6
3x35/25	25	20,0	0,419	60,82	21x10-6
3x25/25	25	18,5	0,336	60,82	21x10-6
3x16/25	25	16,5	0,249	60,82	21x10-6
2x35+16/25	25	20,0	0,362	60,82	21x10-6
2x25+16/25	25	18,5	0,307	60,82	21x10-6
2x16+16/25	25	16,5	0,249	60,82	21x10-6
2x16/25	25	16,5	0,187	60,82	21x10-6
1x16/25	25	16,5	0,125	60,82	21x10-6

Fuente: norma D.G.E. rd031-2003-EM

### 5.3.9. Presupuesto

#### 5.3.9.1. Presupuesto del sistema fotovoltaico

Tabla N° 24: valor referencial para el suministro de materiales para el sistema fotovoltaico

Descripción	Costo/unitario (S/.)	Costo (S/.)
20 Paneles solares YINGLI SOLAR de 320 Wp	1200,28	24 005,60
02 reguladores VICTRON ENERGY de 150/70	3 533,31	7 066,62
16 Baterías RITAR de 260 Ah	2 540,28	40 644,48
02 Inversores VICTRON ENERGY de 3000 VA	5 585,94	11 171,88
05 estructura para 04 paneles solares	1 143,64	5 718,20
Accesorios	500,00	500,00
Total, del Suministro		89 106,78

Fuente: Elaborado por el propio Autor

Tabla N° 25: costo directo del sistema fotovoltaico

DESCRIPCIÓN	TOTAL (S/.)
Suministro	89 106,78
Montaje	8 019,61
Transporte	5 346,41
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>102 472,80</b>

Fuente: Elaborado por el propio Autor

### 5.3.9.2. Presupuesto de la red de distribución secundaria

Tabla N° 26: suministro de materiales para la red de distribución secundaria

VALOR REFERENCIAL- SUMINISTRO DE MATERIALES					
SUMINISTRO DE MATERIALES PARA REDES SECUNDARIAS					
"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARAELECTRIFICAR AL CASERIO FLOR DEL VALLE EN YAMBRASBAMBA PROVINCIA DE BONGARA EN AMAZONAS"					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	Metrado Total Cantidad	Costo Unitario S/.	TOTAL S/.
1,00	<b>POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO</b>				
1,01	POSTE DE CAC 8m/200 daN (INCLUYE PERILLA)	u	17,00	645,75	10 977,75
1,02	POSTE DE CAC 8m/300 daN (INCLUYE PERILLA)	u	12,00	410,00	4 920,00
	<b>SUB-TOTAL 1:</b>				<b>15 897,75</b>
2,00	<b>CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO</b>				
2,02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 1X16/25	Km	0,95	4000,00	3 819,20
2,05	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 2X16/25	Km	0,22	6000,00	1 320,00
	<b>SUB-TOTAL 2:</b>				<b>5 139,20</b>
3,00	<b>ACCESORIOS DE CABLES AUTOPORTANTES</b>				
3,01	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm <sup>2</sup>	u	12,00	13,00	156,00
3,02	GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm <sup>2</sup>	u	30,00	15,00	450,00
3,03	CONECTOR BIMETÁLICO , PARA Al 25mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u		5,57	
3,04	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA Al 35mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	u		10,50	
3,05	CONECTOR, PARA Al 25mm <sup>2</sup> , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u	5,00	6,70	33,50
3,06	CONECTOR AISLADO, PARA Al 35mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	u		10,50	
3,07	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	u	129,00	0,35	45,15
3,08	CINTA AUTOFUNDANTE PARA EXTREMO DE CABLE	u	18,00	3,05	54,90
3,09	CINTA AISLANTE	rl	100,00	3,60	360,00
	<b>SUB-TOTAL 3:</b>				<b>1 099,55</b>
4,00	<b>CABLES Y CONDUCTORES DE COBRE</b>				
4,04	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR, 2x10 mm2, CUBIERTA NEGRA	m		11,76	
4,07	CONDUCTOR DE COBRE CONCENTRICO, 2 x 4 mm <sup>2</sup> , CON AISLAMIENTO Y CUBIERTA DE PVC	m	615,00	4,90	3 013,50
4,08	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 16 mm <sup>2</sup>	m	81,00	6,60	534,60
	<b>SUB-TOTAL 4:</b>				<b>3 548,10</b>
5,00	<b>LUMINARIAS, LAMPARAS Y ACCESORIOS</b>				
5,01	PASTORAL TUBO A°G° 38 mm f, INT.; 500mm AVANCE HORIZ.; 720 mm ALTURA, Y 20° INCLINACION, PROVISTO DE 2 ABRAZADERAS DOBLES PARA POSTE DE CAC	u	3,00	90,00	270,00
5,02	LUMINARIA COMPLETA CON EQUIPO PARA LAMPARA DE 50 W	u	3,00	196,00	588,00
5,03	LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 50 W	u	3,00	35,00	105,00
5,04	PORTA FUSIBLE UNIPOLAR 220V, 5A, PROVISTO CON FUSIBLE DE 1A	u	3,00	25,00	75,00
5,05	CONECTOR BIMETÁLICO FORRADO PARA Al 35 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA TIPO PERFORACIÓN	u	3,00	10,50	31,50
5,06	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA NEUTRO DESNUDO TIPO CUÑA	u	3,00	5,92	17,76
	<b>SUB-TOTAL 5:</b>				<b>1 087,26</b>
6,00	<b>RETENIDAS Y ANCLAJES</b>				
6,01	CABLE DE ACERO GRADO SIEMENS MARTIN, DE 10 mm ø, 7 HILOS	m	210,00	4,20	882,00
6,02	PERNO ANGULAR CON OJAL-GUARDACABO DE A°G°, 16 mm ø x 203 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	u	126,00	9,50	1 197,00
6,04	VARILLA DE ANCLAJE DE A° G° DE 16 mm ø x 2.40 m, PROV. DE OJAL GUARD. EN UN EXTREMO; TCA Y CTCA EN EL OTRO	u	21,00	35,00	735,00
6,05	ARANDELA DE ANCLAJE, DE A° G°, 102 x 102 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mmø	u	21,00	5,00	105,00
6,06	MORDAZA PREFORMADA DE A° G° PARA CABLE DE 10 mm ø	u	42,00	9,00	378,00
6,07	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A° G°, 57 x 57 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mmø	u	42,00	2,00	84,00
6,08	SOPORTE DE CONTRAPUNTA DE 51 mmøx1000mm DE LONG. CON ABRAZADERA PARTIDA EN UN EXTREMO	u		70,00	
6,09	ALAMBRE DE ACERO N° 12; PARA ENTORCHADO	m	63,00	1,00	63,00
6,10	BLOQUE DE CONCRETO DE 0,40 x 0,40 x 0,15 m	u	21,00	28,00	588,00
6,11	CONECTOR BIMETÁLICO FORRADO PARA Al 25 mm <sup>2</sup> Y COBRE DE 16mm <sup>2</sup> , TIPO CUÑA	u	21,00	6,70	140,70
6,12	CONECTOR DOBLE VIA BIMETÁLICO PARA CABLE DE ACERO DE 10mmø Y COBRE DE 16 mm <sup>2</sup>	u	21,00	5,92	124,32
	<b>SUB-TOTAL 6:</b>				<b>4 297,02</b>
7,00	<b>ACCESORIOS DE FERRETERIA PARA ESTRUCTURAS</b>				
7,01	PERNO CON GANCHO DE 16mm ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		9,80	
7,02	PERNO CON GANCHO DE 16mm ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	12,00	10,80	129,60
7,03	PERNO DE A°G° DE 13mm ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		7,70	
7,04	PERNO DE A°G° DE 13mm ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	29,00	8,20	237,80
7,05	PERNO CON OJAL, DE A°G° DE 16mm ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		9,30	
7,06	PERNO CON OJAL, DE A°G° DE 16mm ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	22,00	11,20	246,40
7,07	TUERCA-OJAL DE A°G° PARA PERNO DE 16 mmø	u	8,00	8,30	66,40
7,08	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA, 40 cm LONGITUD	u		6,58	
7,09	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57 mm, AGUJERO DE 18mmø	u	56,00	2,00	112,00
7,11	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 220 V (10 BORNERAS EN CADA BARRA DE Cu)	u		185,00	
7,12	PORTALINEA UNIPOLAR DE A°G°, PROVISTO DE PIN DE 10 mm ø	u	58,00	4,28	248,24
	<b>SUB-TOTAL 7:</b>				<b>1 040,44</b>
8,00	<b>PUESTA A TIERRA</b>				
8,01	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE DE 16 mm ø x 2,40 m	u	9,00	43,00	387,00
8,02	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm <sup>2</sup> Y COBRE DE 16mm <sup>2</sup> , TIPO CUÑA	u	9,00	7,20	64,80
	<b>SUB-TOTAL 8:</b>				<b>510,30</b>
9,00	<b>CONEXIONES DOMICILIARIAS</b>				
9,01	TUBO DE A°G° STANDARD / REDONDO DE 19mm x 1,5mm x 2,5m, PROVISTO DE CODO	u	10,50	33,49	351,65
9,06	ARMELLA TIRAFONDO DE 10mm f x 64mm DE LONGITUD	u	21,00	1,20	25,20
9,07	TARUGO DE CEDRO DE 13 mm x50 mm	u	21,00	0,66	13,86
9,08	ALAMBRE GALVANIZADO N° 12 AWG	m	84,00	1,00	84,00
9,09	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	u	21,00	10,50	220,50
9,10	CONECTOR BIMETÁLICO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u	21,00	4,30	90,30
9,11	TEMPLADOR DE A°G°	u	42,00	2,10	88,20
9,12	CAJA METÁLICA PORTAMEDIDOR, EQUIPADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 10A	u	21,00	76,66	1 609,86
9,13	MEDIDOR MONOF. DE ENERGIA ACTIVA, TIPO ELECTRONICO CON MICRO PROCESADOR DE 220 V; 10-40 A; 60 Hz; CLASE 1.	u	21,00	90,00	1 890,00
	<b>SUB-TOTAL 9:</b>				<b>4 373,57</b>
<b>TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES</b>				<b>S/.</b>	<b>36 993,19</b>

Fuente: Elaborado por el propio Autor

Tabla N° 27: Costo para el montaje de las redes secundarias

MONTAJE ELECTROMECHANICO PARA REDES SECUNDARIAS					
"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ELECTRIFICAR AL CASERIO FLOR DEL VALLE EN YAMBRASBAMBA PROVINCIA DE BONGARA EN AMAZONAS"					
B: MONTAJE ELECTROMECHANICO					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	METRADO TOTAL CANT.	PRECIO UNIT. S/.	TOTAL S/.
5,00	<b>MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES</b> COMPRENDE TENDIDO Y PUESTA EN FLECHA DE :				
5,01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 3X16+16/25 mm2	km	0,00		0,00
5,02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 2X16/25 mm2	km	0,95	606,89	579,46
5,05	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 1X16/25 mm2	km	0,22	510,25	112,26
	<b>SUB-TOTAL 5:</b>				<b>691,71</b>
6,00	<b>INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA</b>				
6,01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	m <sup>3</sup>	13,9	31,62	438,25
6,02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)	m <sup>3</sup>	0,0	112,44	0,00
6,03	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 EN POSTE DE CONCRETO	u	9,0	18,19	163,71
6,04	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA	m <sup>3</sup>	18,0	45,57	821,17
	<b>SUB-TOTAL 6:</b>				<b>1 423,13</b>
7,00	<b>PASTORALES, LUMINARIAS Y LAMPARAS</b>				
7,01	INSTALACIÓN DE PASTORAL DE A° G°	u	3,0	19,63	58,89
7,02	INSTALACIÓN DE LUMINARIA Y LÁMPARA	u	3,0	34,58	103,74
	<b>SUB-TOTAL 7:</b>				<b>162,63</b>
8,00	<b>CONEXIONES DOMICILIARIAS</b>				
	INSTALACIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA, QUE COMPRENDE : CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIAS, MONTAJE DE MEDIDOR Y CONTRASTE DEL MEDIDOR.				
8,01	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CONFIGURACIÓN CORTA (SIN MEDIDOR)	u	13,0	35,26	458,38
8,02	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CONFIGURACIÓN LARGA (SIN MEDIDOR)	u	14,0	42,67	597,38
8,03	INSTALACION DE MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA ELECTRONICO	u	27,0	11,09	299,43
8,04	CONTRASTE DE MEDIDOR MONOFÁSICO DE ENERGÍA ACTIVA - ELECTRÓNICO	u	27,0	20,00	540,00
	<b>SUB-TOTAL 8:</b>				<b>1 895,19</b>
9,00	<b>PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO:</b>				
9,01	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	Loc	1,0	452,97	452,97
9,02	EXPEDIENTE TECNICO FINALES CONFORME A OBRA (1 ORIGINAL + 3 COPIAS) DE REDES SECUNDARIAS, INCLUYE LA PRESENTACIÓN DIGITALIZADA DE L EXPEDIENTE EN UN CD	Glb	1,0	150,00	150,00
	<b>SUB-TOTAL 9:</b>				<b>602,97</b>
<b>TOTAL MONTAJE ELECTROMECHANICO</b>				<b>S/.</b>	<b>14 961,38</b>

Fuente: Elaborado por el propio Autor

Tabla N° 28: Costo directo de la red de distribución secundaria en el Caserío Flor del Valle

DESCRIPCION	TOTAL (S/.)
<b>SUMINISTROS DE MATERIALES</b>	<b>36 993,19</b>
<b>MONTAJE ELECTROMECHANICO</b>	<b>14 961,38</b>
<b>TRANSPORTE DE MATERIALES</b>	<b>2 959,46</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (C.D.) (S/.)</b>	<b>54 914,03</b>

Fuente: Elaborado por el propio Autor

### 5.3.9.3. Costo total del sistema eléctrico en el caserío Flor del Valle

Tabla N° 29: Costo para el sistema de generación y distribución de energía eléctrica

<b>DESCRIPCION</b>	<b>TOTAL</b>
<b>PRESUPUESTO DE LA RED DE DISTRIBUCION</b>	54 914,03
<b>PRESUPUESTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>	102 472,80
<b>TOTAL S/.</b>	<b>157 386,83</b>
<b>GASTOS GENERALES UTILIDADES</b>	7 869,34 7 869,34
<b>COSTO TOTAL SIN I.G.V. (S/.)</b>	<b>173 125,51</b>
<b>I.G.V. (S/.)</b>	32 893,85
<b>COSTO TOTAL INLUIDO I.G.V. (S/.)</b>	<b>206 019,36</b>

Fuente: Elaborado por el propio Autor



## CAPITULO VI: CONCLUSIONES

- a) La demanda de energía promedio diaria proyectada para el caserío Flor del Valle es de 13,511 KWh/día. Para 33 viviendas proyectadas, 01 local comunal.
- b) Según el SENAMHI (Atlas 2003) se ha obtenido un valor de 4,25 kWh/m<sup>2</sup>/día y del software METEORNOM se ha obtenido un valor de 4,94 kWh/m<sup>2</sup>/día, además se obtuvo los datos de radiación solar promedio mensual donde según la NASA se ha obtenido un valor de 3,64 kWh/m<sup>2</sup>/día,. De estos tres valores para el dimensionamiento de sistema fotovoltaico se ha considerado el menor de ellos es decir: 3,64 kWh/m<sup>2</sup>/día.
- c) El sistema fotovoltaico estará conformado por: 20 paneles fotovoltaicos de 320 Wp de la marca YINGLI SOLAR, 16 baterías de acumuladores 260 Ah de la marca RITAR, 02 reguladores de carga 150/70 de la marca VICTRON ENERGY, 02 inversor 48/3000-230 V de la marca VICTRON ENERGY; así como elementos de protección.
- d) El Costo del sistema fotovoltaico aislado es de S/ 206 019,36

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Acevedo Garces, F. (2016). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios*. Bogota.
- 2) Alva Silva, J. Z. (2016). *“Estudio De Factibilidad De Un Sistema Fotovoltaico Para El Suministro De Energía Eléctrica En El Caserío De Vigaspampa, Celendín, Cajamarca”*. Cajamarca.
- 3) Aplicaciones tecnologicas. (2015). Obtenido de Importancia de una toma de tierra adecuada: [https://at3w.com/upload/ficheros/importancia\\_de\\_una\\_toma\\_de\\_tierra\\_a\\_decuada.pdf](https://at3w.com/upload/ficheros/importancia_de_una_toma_de_tierra_a_decuada.pdf)
- 4) Asociacion de la industria fotovoltaica. (2003). *Energía solar fotovoltaica en la ciudad de Madrid*. Madrid.
- 5) Auto solar. (2017). Obtenido de panel-Yingli-320W: <https://autosolar.pe/pdf/Ficha-panel-Yingli-320W.pdf>
- 6) Auto Solar. (2019). Obtenido de Controlador SmartSolar MPPT 150V 70A VICTRON: <https://autosolar.pe/controladores-de-carga-mppt/controlador-smartsolar-mppt-150v-70a-victron>
- 7) Auto Solar Peru. (2019). Obtenido de Batería RITAR 12V 260Ah DG GEL: <https://autosolar.pe/baterias-de-gel-12v/bateria-ritar-12v-260ah-dg-gel>
- 8) Avalos Navarro, C. (2007). *ESTUDIO Y DISEÑO EN LA OPTIMIZACIÓN SOLAR FOTOVOLTICA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR*. CATALUNYA.
- 9) Baterías y Amperios. (2019). Obtenido de Tipos de Baterías Solares: <https://bateriasyamperios.com/tipos-de-baterias-solares/>
- 10) Castejon, A. (1998). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España.
- 11) Chercca Ramirez, J. A. (2014). *Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO2 en el poblado rural la Gramita de Casma*. Lima.
- 12) Distrito de Yambrasbamba. (2019). Obtenido de Distrito de Yambrasbamba: [https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito\\_de\\_Yambrasbamba](https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Yambrasbamba)
- 13) Editores. (2018). Obtenido de Inversores de corriente para sistemas fotovoltaicos: [https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/326/estabilizadores\\_work\\_inversores\\_corriente](https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/326/estabilizadores_work_inversores_corriente)

- 14) El almacén solar. (2019). Obtenido de Inversores aislados: <https://www.elalmacensolar.es/inversores-onda-senoidal-pura-victron/29-inversores-de-corriente-victron-phoenix-compact-3000-va-24-v.html>
- 15) EVE. (2000). *La energía solar fotovoltaica en el país de Vasco*.
- 16) Fundación sin fronteras. (2019). Obtenido de <http://fundacionmundosinfronteras.org/que-es-como-se-genera-y-que-usos-tiene-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- 17) INDECO. (2010). Obtenido de NYN DPLEX / TRIPLE: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1016482.pdf>
- 18) INEI. (2009). Obtenido de Perfil Sociodemográfico del Departamento de Amazonas: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0838/Libro01/cap01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0838/Libro01/cap01.pdf)
- 19) INEI. (2019). Obtenido de Sistema de Información Geográfica: <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>
- 20) Ingemecánica. (2019). Obtenido de Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>
- 21) Investigación de lectoescritura. (2019). Obtenido de Técnicas de investigación: <https://tecnicasdelectoescritura.jimdo.com/t%C3%A9nicas-de-investigaci%C3%B3n/>
- 22) Monsolar. (2019). Obtenido de Estructura con INCLINACIÓN, 4 paneles solares de longitud 1650mm en Vertical: <https://www.monsolar.com/estructura-de-aluminio-para-superficie-plana-4-paneles-60-celulas-vertical.html>
- 23) NASA. (2019). Obtenido de POWER Project Data Sets: <https://power.larc.nasa.gov/>
- 24) Navarrete Nuñez, A. J. (2016). *“Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para Abastecer La Demanda De Energía Eléctrica Del Servicio Habitacional Gran Hotel, San Ignacio”*. Jaén.
- 25) PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO. (2017). Obtenido de <https://eliseosebastian.tumblr.com/post/156176932111/an%C3%A1lisis-de-la-curva-i-v-en-paneles-fotovoltaicos>
- 26) PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO. (2019). Obtenido de <https://eliseosebastian.tumblr.com/post/27900695685/componentes-de-un-panel-solar-fotovoltaico>

- 27) Prado Mora, C. R. (2008). *Diseño de un sistema electrico fotovoltaico para una comunidad aislada*.
- 28) Provincias de Bongara. (2019). *División política*. Obtenido de Provincias de Bongara: <https://amazonaswonders.webcindario.com/division%20politica/bongara.html>
- 29) SENAMHI. (2003). *Atlas de energia solar del Peru*.
- 30) SOLARMAT. (2017). Obtenido de Soportes para placas solares: el patito feo de las instalaciones: <http://www.solarmat.es/blog/soportes-para-placas-solares-el-patito-feo-de-las-instalaciones/>
- 31) SUNFIELDS. (2019). Obtenido de Radiación Solar (La energía del sol): <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>
- 32) Tercero Ubau, J. K. (2015). *Diseño de una Mini central solar Fotovoltaica autónoma con una capacidad de 2.7kWp, para electrificar la comunidad de La Fortuna- MiraFlor Moropotente, Estelí*. Nicaragua.
- 33) Universidad Induamerica. (2018). Obtenido de Investigacion por carreras: <http://www.uti.edu.ec/antiguo/investigacion-por-carreras/item/554-volumen3-cap6.html>
- 34) Valdiviezo Salas, P. D. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energia electrica a 15 computadoras portatiles en la PUCP*. Lima.
- 35) Velazquez Céspedes, R. A. (2012). *Proyecto de instalacion solar fotovoltaica en el departamento de Ingenieria Electrica de la Uniersidad Santiago de Chile*. tesis, Uniersidad de Santiago de Chile, Santiago-Chile.
- 36) Velazquez Céspedes, R. A. (2012). *PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE*. Santiago de Chile.
- 37) Victron Energy. (2017). Obtenido de Controladores de carga BlueSolar : <https://puntosolar.cl/wp-content/uploads/2017/09/Datasheet-BlueSolar-charge-controller-MPPT-150-45-up-to-150-100-ES.pdf>
- 38) Water Spark. (2019). Obtenido de El clima promedio en Yambrasbamba : <https://es.weatherspark.com/y/20606/Clima-promedio-en-Yambrasbamba-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

## **ANEXOS**

**ANEXO N°01. RADIACIÓN SOLAR EN  
LA REGIÓN AMAZONAS**

# AMAZONAS



FEBRERO



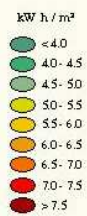
MAYO



AGOSTO



NOVIEMBRE





REPÚBLICA DEL PERÚ

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

SENAMHI

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES

**ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA**

**Departamento de Amazonas**

**(1975-1990)**

L.M.V. PERÚ

DICIEMBRE 2006

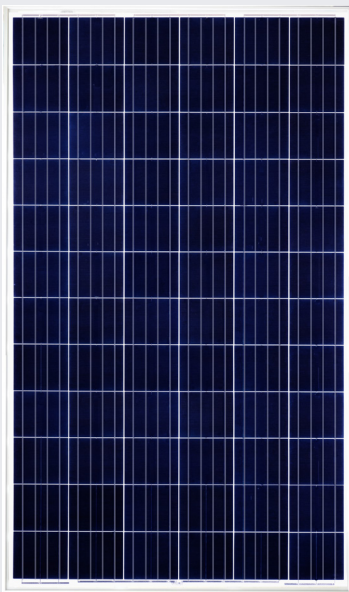




**ANEXO N°02. FICHA TÉCNICA DE LOS PANELES  
FOTOVOLTAICOS YINGLI SOLAR DE 320 Wp**



# YGE 72 CELL SERIES 2



EFICIENCIA DE LA CÉLULA

## 18.5%

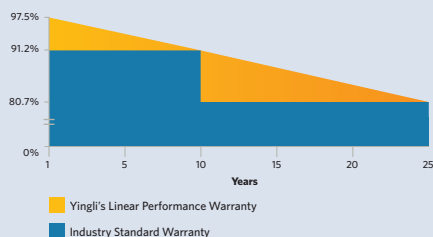
GARANTÍA DE PRODUCTO

## 10 AÑOS

TOLERANCIA DE POTENCIA

## 0-5W

### Garantía lineal a 25 años



# RENDIMIENTO Y VERSATILIDAD DEMOSTRADOS

Sometida a pruebas independientes que demuestran la calidad de los productos y la fiabilidad a largo plazo. Millones de sistemas fotovoltaicos instalados por todo el mundo demuestran el liderazgo de Yingli en el sector.



#### Durabilidad

Módulos Fotovoltaicos duraderos, probados independientemente en condiciones ambientales adversas tales como la exposición al ambiente salino, amoníaco y factores de riesgo del PID conocidos.



#### Vidrio avanzado

Nuestro vidrio de alto nivel de transmisión incorpora un exclusivo revestimiento antirreflectante que dirige más luz hacia las células solares y genera un mayor rendimiento energético.



#### Tamaño ampliado

Este módulo de gran formato permite ahorrar costes a nivel de sistemas ya que precisa menos tiempo de manipulación e instalación.



#### Resistente al PID

Probados conforme al borrador de la norma IEC 62804, nuestros Módulos Fotovoltaicos han demostrado ser resistentes al PID (Degradación por Potencia Inducida), que se traduce en seguridad para su inversión.

#### Yingli Green Energy

Yingli Green Energy Holding Company Limited (NYSE:YGE), conocida como "Yingli Solar", es uno de los fabricantes líderes de paneles solares con la misión de ofrecer energía verde asequible para todos. Con más de 60 millones de paneles solares en todo el mundo, Yingli Solar hace posible la energía solar en comunidades en todo el mundo gracias a su experiencia global en fabricación y logística para abordar retos locales específicos.

# YGE 72 CELL SERIES 2

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

### Parámetros eléctricos en condiciones de prueba estándar (STC)

Tipo de módulo	YLxxxP-35b (xxx=P <sub>max</sub> )							
Potencia de salida	P <sub>max</sub>	W	330	325	320	315	310	305
Tolerancias de potencia de salida	ΔP <sub>max</sub>	W	0 / - 5					
Eficiencia del módulo	η <sub>m</sub>	%	17.0	16.7	16.5	16.2	16	15.7
Tensión en P <sub>max</sub>	V <sub>mpp</sub>	V	37.4	37.3	37.0	36.8	36.3	36.1
Intensidad en P <sub>max</sub>	I <sub>mpp</sub>	A	8.84	8.72	8.64	8.56	8.53	8.45
Tensión en circuito abierto	V <sub>oc</sub>	V	46.4	46.3	46.0	45.7	45.6	45.4
Intensidad en cortocircuito	I <sub>sc</sub>	A	9.29	9.24	9.18	9.12	8.99	8.93

STC: 1000 W/m<sup>2</sup> de irradiación, 25°C de temperatura de célula, espectro AM 1.5g conforme a la EN 60904-3.  
Reducción media de la eficiencia relativa de 3,3% a 200 W/m<sup>2</sup> según la EN 60904-1.

### Parámetros eléctricos a temperatura operativa nominal de la célula (TONC)

Potencia de salida	P <sub>max</sub>	W	240.7	237.1	233.4	229.8	226.1	222.5
Tensión en P <sub>max</sub>	V <sub>mpp</sub>	V	34.0	34.0	33.8	33.6	33.1	32.9
Intensidad en P <sub>max</sub>	I <sub>mpp</sub>	A	7.07	6.98	6.91	6.85	6.82	6.76
Tensión en circuito abierto	V <sub>oc</sub>	V	42.8	42.8	42.5	42.2	42.1	41.9
Intensidad en cortocircuito	I <sub>sc</sub>	A	7.51	7.47	7.42	7.37	7.27	7.22

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m<sup>2</sup> irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

## CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura operativa nominal de la célula	TONC	°C	46 +/- 2
Temperatura coeficiente de P <sub>max</sub>	γ	%/°C	-0.42
Temperatura coeficiente de V <sub>oc</sub>	β <sub>Voc</sub>	%/°C	-0.32
Temperatura coeficiente de I <sub>sc</sub>	α <sub>Isc</sub>	%/°C	0.05

## CONDICIONES OPERATIVAS

Tensión máxima del sistema	1000V <sub>DC</sub>
Valor máximo del fusible en serie	15A
Limitación de corriente inversa	15A
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C to 85°C
Máxima carga estática frontal (ej. nieve)	5400Pa
Máxima carga estática posterior (ej. viento)	2400Pa
Max. impacto por granizo (diámetro/velocidad)	25mm / 23m/s

## MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Cubierta frontal (material / espesor)	Vidrio templado de bajo contenido en hierro / 3,2 mm
Célula solar (cantidad / tipo / dimensiones/ número de busbar)	72/ silicio multicristalino / 156.75 mm x 156.75 mm / 4 o 5
Marco (material/color/color de anodizado/sellado de bordes)	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexiones (grado de protección)	≥ IP67
Cable (longitud / sección transversal)	1100mm / 4mm <sup>2</sup>
Conector (tipo / grado de protección)	MC4 / IP68 o YT08-1 / IP67 o Amphenol H4 / IP68 o Forsol SIKE4 / IP68 o Renhe RH05-6 / IP67

- Debido a la continua innovación, investigación y mejora del producto, la información y las especificaciones citadas en esta hoja de características están sujetas a cambios sin previo aviso. Las especificaciones pueden variar ligeramente y no están garantizadas.
- Los datos no están referidos a un único módulo y no forman parte de la oferta, sirvan solo para su comprobación entre diferentes tipos de módulos.

## CUALIFICACIONES Y CERTIFICADOS

IEC 61215, IEC 61730, CE, MCS, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000



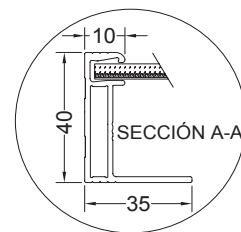
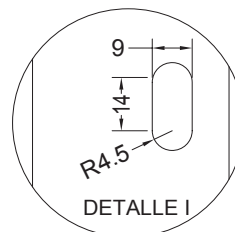
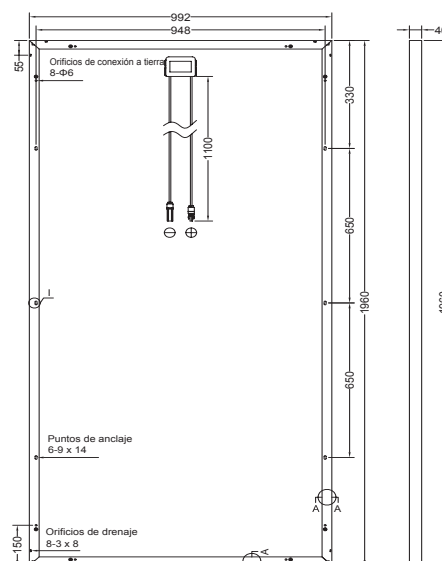
## CARACTERÍSTICAS GENERALES

Dimensiones (Longitud /Ancho /Alto)	1960mm / 992mm / 40mm
Peso	22kg

## ESPECIFICACIONES DE EMBALAJE

Número de módulos por palé	26
Número de palés por contenedor de 40'	24
Dimensiones de la caja de embalaje (L/A/A)	1995mm / 1145mm / 1170mm
Peso de la caja	616kg

Unit: mm



**Advertencia:** Lea el Manual de Instalación y Uso en su totalidad antes de manejar, instalar u operar módulos de Yingli Solar.

Partners de Yingli:

**Yingli Green Energy Holding Co., Ltd.**

service@yingli.com

Tel: +86-312-2188055

**YINGLISOLAR.COM**



**ANEXO N°03. FICHA TÉCNICA DEL CONTROLADOR  
150/70**

# Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV

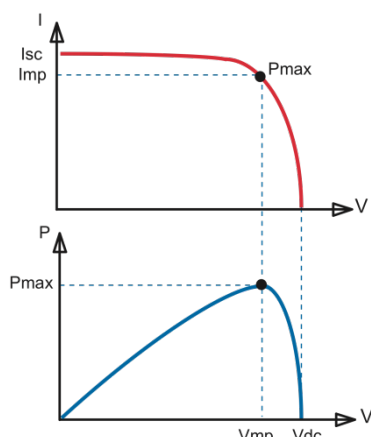
## MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)


**Controlador de carga solar  
MPPT 150/70-Tr**



**Controlador de carga solar  
MPPT 150/70-MC4**



**Seguimiento del punto de potencia máxima**

### Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).  
El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de  $I \times V$  alcanza su pico.

### Curva inferior:

Potencia de salida  $P = I \times V$  como función de tensión de salida.  
Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a  $V_{mp}$ .

### Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

### Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

### Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

### Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

### Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

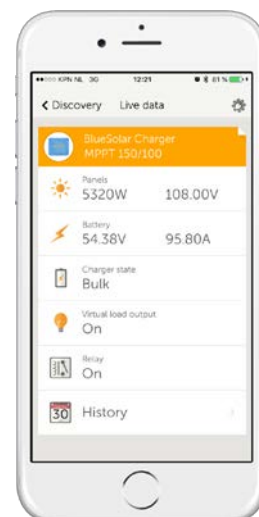
Protección de corriente inversa FV.

### Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

### Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tablets y otros dispositivos Apple y Android consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multitapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				

### CARCASA

Color	Azul (RAL 5012)	
Terminales FV 3)	35 mm <sup>2</sup> /AWG2 (modelos Tr), Dos conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos de hasta 150/70) Tres conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos 150/85 y 150/100)	
Bornes de batería	35 mm <sup>2</sup> / AWG2	
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
Peso	3kg	4,5kg
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95mm	Modelos Tr: 216 x 295 x 103mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103mm

### ESTÁNDARES

ESTÁNDARES	
Seguridad	EN/IEC 62109
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada.	
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.	
2) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alto dañaría el controlador.	
3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.	
Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)	

**ANEXO N°04. FICHA TÉCNICA DE LAS  
BATERÍAS RITAR DE 12 V-260 Ah**

# DC12-260(12V260Ah)



## Specification

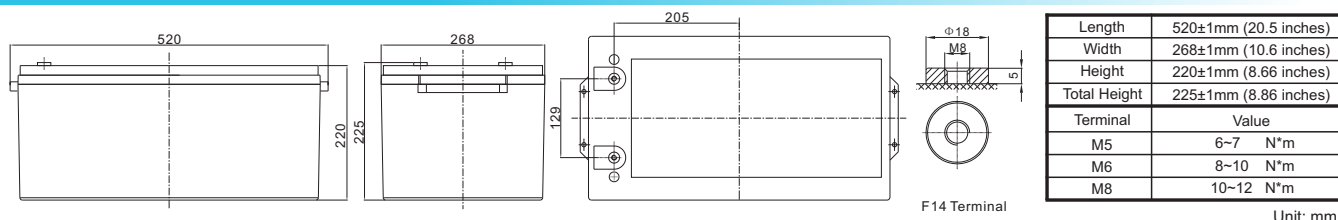
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	260Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 74.0 Kg (Tolerance ± 1.5%)
Internal Resistance	Approx. 3.5 mΩ
Terminal	F14(M8)
Max. Discharge Current	2600A (5 sec)
Design Life	12 years (floating charge)
Maximum Charging Current	78.0 A
Reference Capacity	C3 201.3AH C5 229.0AH C10 260.0AH C20 274.0AH
Float Charging Voltage	13.6 V~13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.6 V~14.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 3% at 25°C. Please charged batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



DC (Deep Cycle) series batteries provide superior high integrity and reliability. It is specially designed for frequent cyclic charge and discharge. By using strong grids, thick plate and specially active material are designed for repeated deep-discharge applications. The DC series batteries offers 30% more cyclic life than the standby series. It is suitable for solar and wind renewable energy storage, mobility and medical equipment, RV, telecom, broadband and cable TV, UPS systems etc.



## Dimensions



### Constant Current Discharge Characteristics : A(25°C)

F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	542.8	427.9	248.0	155.7	96.2	71.7	57.3	48.3	32.9	27.9	14.2
1.65V	524.7	415.0	242.8	152.8	94.5	70.6	56.5	47.7	32.6	27.6	14.1
1.70V	501.1	398.2	236.0	148.9	92.4	69.1	55.4	46.9	32.1	27.3	13.9
1.75V	469.6	375.6	226.6	143.6	89.4	67.1	54.0	45.8	31.4	26.7	13.7
1.80V	427.3	345.2	213.7	136.3	85.3	64.4	52.0	44.2	30.5	26.0	13.3
1.85V	369.6	303.3	195.6	125.8	79.4	60.4	49.1	42.0	29.1	25.0	12.9

### Constant Power Discharge Characteristics : WPC(25°C)

F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	923	748	451	291	182	137	110	93.0	64.3	54.9	28.0
1.65V	916	741	448	289	180	136	109	92.4	63.8	54.4	27.8
1.70V	884	717	437	282	177	133	107	91.0	62.9	53.7	27.5
1.75V	843	686	424	274	172	130	105	89.2	61.7	52.8	27.0
1.80V	781	640	404	261	165	125	101	86.5	60.0	51.4	26.4
1.85V	687	570	374	243	154	118	96.0	82.4	57.4	49.4	25.5

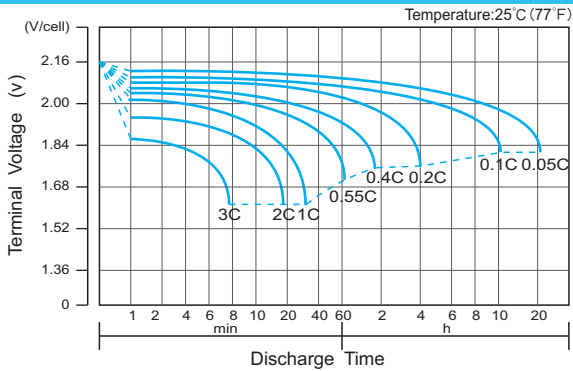
(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycle not the minimum values.



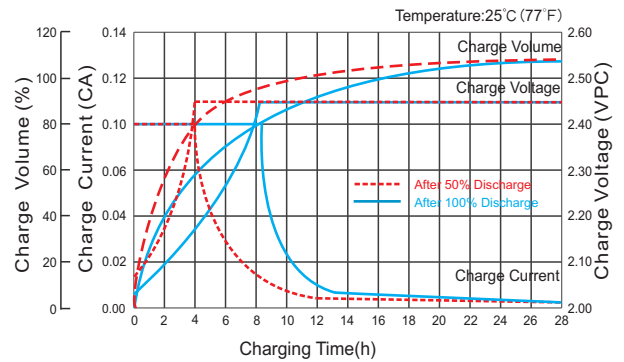
# DC12-260(12V260Ah)



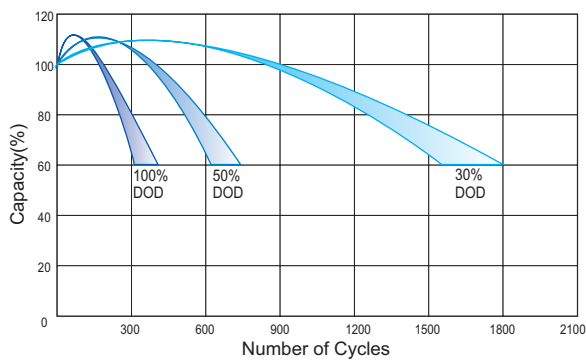
**Discharge Characteristics Curve**



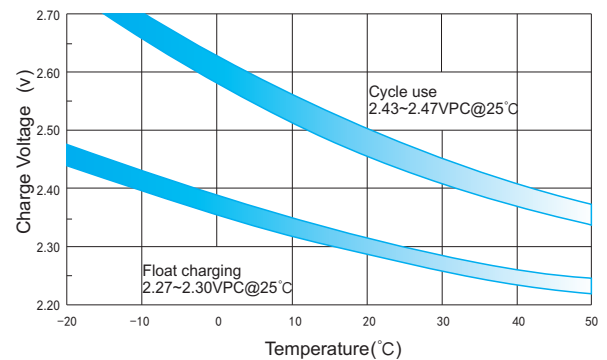
**Charge Characteristic Curve for Cycle Use(IU)**



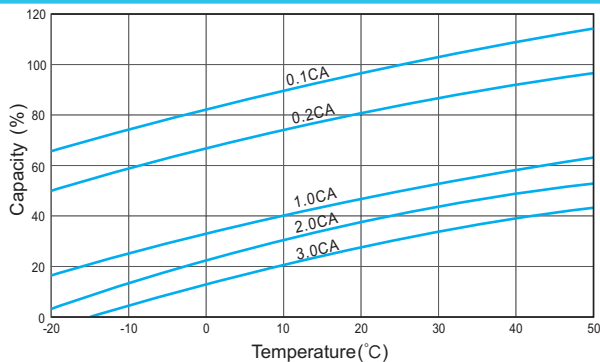
**Cycle Life in Relation to Depth of Discharge**



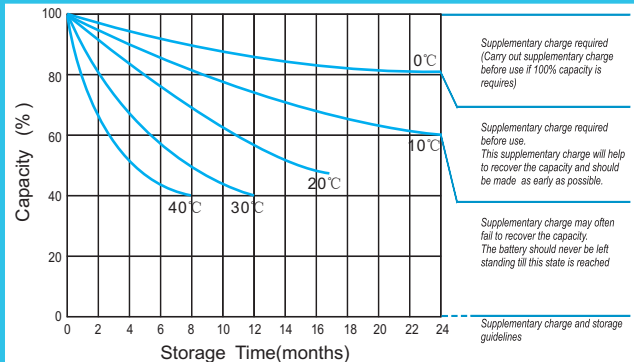
**Relationship Between Charging Voltage and Temperature**



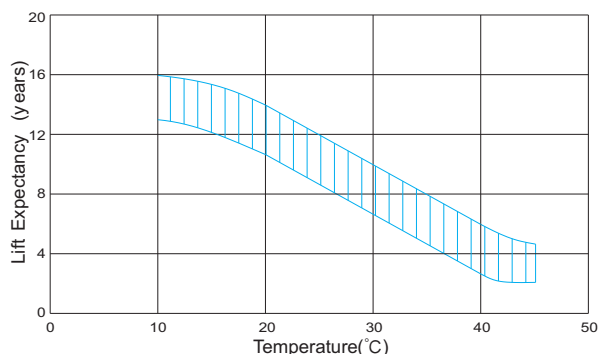
**Temperature Effects on Capacity**



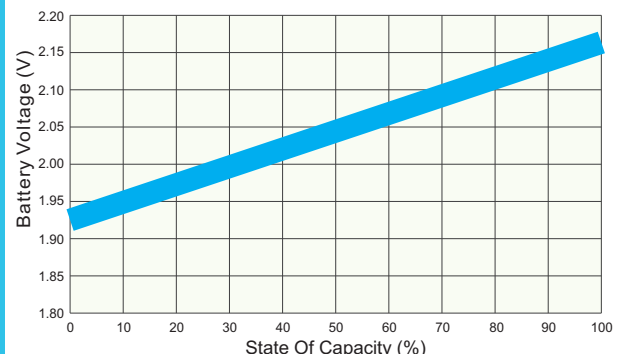
**Storage Characteristics**



**Effect of Temperature on Long Term Life**



**Relationship of OCV And State of Charge(20°C)**



**ANEXO N°05. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR VICTRON  
ENERGY DE 3000 W**



# Inversores Phoenix

1200VA - 5000VA (por módulo)

[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



**Phoenix Inverter**  
24/5000

## SinusMax – Diseño superior

Desarrollado para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga.

## Potencia de arranque adicional

Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia convencional no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

## Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico.

Hasta 6 unidades del inversor pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000, por ejemplo, proporcionarán 24 kW / 30 kVA de potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

## Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido en este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. Los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción, ya que el MultiPlus dispone de un tiempo de conmutación muy corto (menos de 20 milisegundos).

## Interfaz para el ordenador

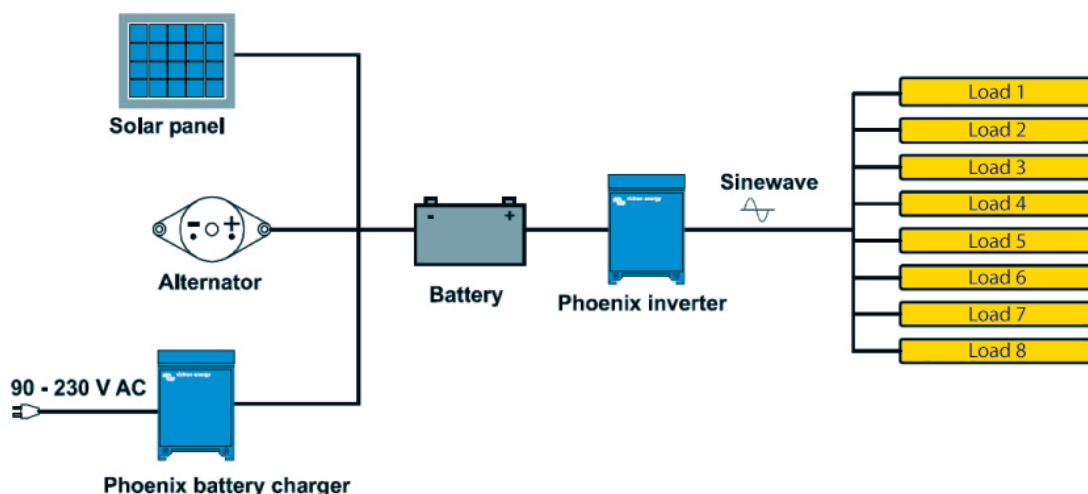
Todos los modelos disponen de un Puerto RS-485. Todo lo que necesita conectar a su PC es nuestro interfaz MK2 (ver el apartado "Accesorios"). Este interfaz se encarga del aislamiento galvánico entre el inversor y el ordenador, y convierte la toma RS-485 en RS-232. También hay disponible un cable de conversión RS-232 en USB. Junto con nuestro software [VEConfigure](#), que puede descargarse gratuitamente desde nuestro sitio Web [www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com), se pueden personalizar todos los parámetros de los inversores. Esto incluye la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé. Este relé puede, por ejemplo, utilizarse para señalar varias condiciones de alarma distintas, o para arrancar un generador. Los inversores también pueden conectarse a [VENet](#), la nueva red de control de potencia de Victron Energy, o a otros sistemas de seguimiento y control informáticos.

## Nuevas aplicaciones para inversores de alta potencia

Las posibilidades que ofrecen los inversores de alta potencia conectados en paralelo son realmente asombrosas. Para obtener ideas, ejemplos y cálculos de capacidad de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "[Electricity on board](#)" (electricidad a bordo), disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde [www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com).



**Phoenix Inverter Compact**  
24/1600



Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V   19 – 33V   38 – 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25°C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25°C (W)	1000	1300	1600	2400	4000
Potencia cont. de salida 40°C (W)	900	1200	1450	2200	3700
Potencia cont. de salida 65°C (W)	600	800	1000	1700	3000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12/ 24 / 48 V (%)	92 / 94 / 94	92 / 94 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10 / 12	8 / 10 / 12	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8 / 10	5 / 8 / 10	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3 / 4	2 / 3 / 4	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15
GENERAL					
Relé programable (3)	Sí				
Protección (4)	a – g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -40 a +65°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012)   Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye		Pernos M8	2+2 Pernos M8	
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-ST18i		Abrazadera-resorte	Bornes atornillados	
Peso (kg)	10		12	18	30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110		520x255x125	362x258x218	444x328x240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	
1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V. 2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el interfaz MK2 y el software VEConfigure) Capacidad nominal CA 230V / 4A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta 60VDC	4) Protección: a) Cortocircuito de salida b) Sobrecarga c) Tensión de la batería demasiado alta d) Tensión de la batería demasiado baja e) Temperatura demasiado alta f) 230 V CA en la salida del inversor g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta				



### Panel de Control para Inversor Phoenix

También puede utilizarse en un inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.

### Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:



#### Color Control GX

Proporciona monitorización e control, de forma local e remota, no [Portal VRM](#).



#### Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB

Se conecta a un puerto USB (ver [Guía para el VEConfigure"](#))



#### Interfaz VE.Bus a NMEA 2000

Liga o dispositivo a uma rede eletrónica marinha NMEA2000. Consulte o [guia de integração NMEA2000 e MFD](#)



### Monitor de baterías BMV-700

El monitor de baterías BMV-700 dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).

**ANEXO N°06. FICHA TÉCNICA DEL CONDUCTOR  
ELÉCTRICO NYY**

## NYY DUPLEX / TRIPLE

### Usos

Aplicación general como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, etc.), directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

### Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado (comprimido, compactado), aislamiento y cubierta individual de PVC. En la conformación duplex los dos conductores son trenzados entre si. En la conformación triple, los tres conductores son ensamblados en forma paralela mediante una cinta de sujeción.

### Características

Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita empalmes, derivaciones y terminaciones. Menor peso que los cables NYY convencionales y mejor disipación de calor permitiendo obtener una mayor intensidad de corriente admisible. Retardante a la llama.

### Marcación

INDECO S.A. NYY(80°) 0.6/1 kV 3-1x<Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

### Calibre

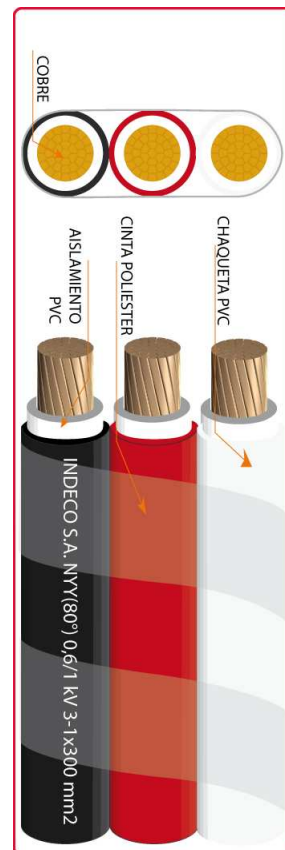
6 mm<sup>2</sup> – 500 mm<sup>2</sup>

### Embalaje

En carretes de madera, en longitudes requeridas.

### Colores

Aislamiento: Blanco  
Cubierta: Duplex : Blanco, negro.  
Triple : Blanco, negro, rojo.



### Norma(s) de Fabricación

NTP-IEC 60502-1

### Tensión de servicio

0.6/1 kV

### Temperatura de operación

80 °C

### TABLA DE DATOS TECNICOS NYY DUPLEX

CALIBRE	Nº HILOS	ESPESORES		DIÁMETRO EXTERIOR	PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm²		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
2x1x6	1	1	1.4	15.4	218	77	58	62
2x1x10	1	1	1.4	17	307	105	80	85
2x1x16	7	1	1.4	19.3	454	136	108	112
2x1x25	7	1.2	1.4	22.5	672	170	140	140
2x1x35	7	1.2	1.4	24.6	880	205	175	170

### TABLA DE DATOS TECNICOS NYY TRIPLE

CALIBRE	Nº HILOS	ESPESORES		DIMENCIONES		PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm²		mm	mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
3 - 1 x 6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	72	54	58
3 - 1 x 10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	95	74	77
3 - 1 x 16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	127	100	102
3 - 1 x 25	7	1.2	1.4	11.4	33.9	992	163	131	132
3 - 1 x 35	7	1.2	1.4	12.4	37.1	1298	195	161	157
3 - 1 x 50	19	1.4	1.4	14.1	42	1707	230	196	186
3 - 1 x 70	19	1.4	1.4	15.7	46.8	2339	282	250	222
3 - 1 x 95	19	1.6	1.5	18.2	54.3	3209	336	306	265
3 - 1 x 120	37	1.6	1.5	19.9	59.5	3975	382	356	301
3 - 1 x 150	37	1.8	1.6	21.7	64.9	4836	428	408	338
3 - 1 x 185	37	2	1.7	24.1	72	6027	483	470	367
3 - 1 x 240	37	2.2	1.8	27	80.8	7825	561	562	426
3 - 1 x 300	37	2.4	1.9	29.8	89.3	9736	632	646	480
3 - 1 x 400	61	2.6	2	33.2	99.4	12336	730	790	555
3 - 1 x 500	61	2.8	2.1	36.9	110.4	15590	823	895	567

(\*) Temperatura del suelo: 20°C  
 Temperatura ambiente: 30°C  
 Temperatura en el conductor: 80°C  
 Resistividad del suelo: 1 k.m/W

## **ANEXO N°07. FICHA TÉCNICA DE FUSIBLES**



PROTECCIONES INDUSTRIALES  
**CILINDRICOS**

## Fusibles Cilíndricos Industriales

gG




**Cd-Pb  
FREE**

Cartuchos fusibles cilíndricos clase gG para protección de uso general tanto ante sobrecargas como cortocircuitos, indicado como protección de líneas o equipos.

Construidos con tubo cerámico de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos, lo que permite un alto poder de corte en un reducido espacio. Elementos de fusión plateados que evita el envejecimiento y mantiene inalterables las características. Contactos de cobre plateados.

Versión con indicador visual de fusión y con percutor para la activación de un microinterruptor.

### FUSIBLES CILINDRICOS INDUSTRIALES gG

TAMAÑO	I <sub>n</sub>	REFERENCIA		U	PODER DE CORTE	REFERENCIA	U	PODER DE CORTE	Unid./CAJA
	(A)	SIN indicador	CON indicador	(V)	(kA)	CON percutor	(V)	(kA)	
	0,5	420500	—	400	20				10/100
	1	420501	—	400	20				10/100
	2	420502	420602	400	20				10/100
	4	420504	420604	400	20				10/100
	6	420506	420606	400	20				10/100
	8	420508	420608	400	20				10/100
	10	420510	420610	400	20				10/100
	12	420512	420612	400	20				10/100
	16	420516	420616	400	20				10/100
	20	420720	420820	400	20				10/100
	0,5	420000	—	500	120				10/100
	1	420001	—	500	120				10/100
	2	420002	420102	500	120				10/100
	4	420004	420104	500	120				10/100
	6	420006	420106	500	120				10/100
	8	420008	420108	500	120				10/100
	10	420010	420110	500	120				10/100
	12	420012	420112	500	120				10/100
	16	420016	420116	500	120				10/100
	20	420020	420120	500	120				10/100
	25	420025	420125	500	120				10/100
	32*	420032	420132	400	120				10/100
	1	421001	—	690	80	—	—	—	10/50
	2	421002	421102	690	80	421202	500	120	10/50
	4	421004	421104	690	80	421204	500	120	10/50
	6	421006	421106	690	80	421206	500	120	10/50
	8	421008	421108	690	80	421208	500	120	10/50
	10	421010	421110	690	80	421210	500	120	10/50
	12	421012	421112	690	80	421212	500	120	10/50
	16	421016	421116	690	80	421216	500	120	10/50
	20	421020	421120	690	80	421220	500	120	10/50
	25	421025	421125	690	80	421225	500	120	10/50
	32	421032	421132	500	120	421232	500	120	10/50
	40	421040	421140	500	120	421240	500	120	10/50
	50	421050	421150	400	120	421250	400	120	10/50

(\*) Fusibles sobrecalibrados

**NORMAS** IEC 60269-1 · IEC 60269-2 · IEC 60269-2-1 · EN 60269-1 · EN 60269-2

Dimensiones pág. 31

Características t-I y limitación pág. 34




Características I<sup>2</sup>t y potencias disipadas pág. 35

Utilización de los fusibles DF ELECTRIC en corriente continua (DC) pág. 190





### FUSIBLES CILINDRICOS INDUSTRIALES gG

TAMAÑO	I <sub>n</sub> (A)	REFERENCIA		U (V)	PODER DE CORTE (kA)	REFERENCIA CON percutor	U (V)	PODER DE CORTE (kA)	Unid./CAJA
		SIN indicador	CON indicador						
									
22x58	2	422002	422102	690	80	—	—	—	10/50
	4	422004	422104	690	80	422204	690	80	10/50
	6	422006	422106	690	80	422206	690	80	10/50
	8	422008	422108	690	80	422208	690	80	10/50
	10	422010	422110	690	80	422210	690	80	10/50
	12	422012	422112	690	80	422212	690	80	10/50
	16	422016	422116	690	80	422216	690	80	10/50
	20	422020	422120	690	80	422220	690	80	10/50
	25	422025	422125	690	80	422225	690	80	10/50
	32	422032	422132	690	80	422232	690	80	10/50
	40	422040	422140	690	80	422240	690	80	10/50
	50	422050	422150	690	80	422250	690	80	10/50
	63	422063	422163	690	80	422263	690	80	10/50
	80	422080	422180	500	120	422280	500	120	10/50
	100	422000	422100	500	120	422200	500	120	10/50
	125*	422015	422115	400	120	422215	400	120	10/50



(\*) Fusibles sobrecalibrados

### NEUTROS

TAMAÑO	I <sub>n</sub> (A)	REFERENCIA	Unid./CAJA
8x31	N	430000	10/100
10x38	N	431000	10/100
14x51	N	432000	10/50
22x58	N	433000	10/50





# Protecciones industriales Cilíndricos

## Fusibles Cilíndricos Industriales

aM

**Cd-Pb  
FREE**

Cartuchos fusibles cilíndricos clase aM especialmente indicados para protección contra cortocircuitos en motores, transformadores y otras cargas con elevadas corrientes de conexión. Excelente protección de la aparamenta (contactor, relé térmico, etc) debido a la óptima limitación de corriente y a los bajos valores de  $I^2t$ . Deben ir asociados con un dispositivo de protección para las sobrecargas (relé térmico). Construidos con tubo cerámico de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos, lo que permite un alto poder de corte en un reducido espacio. Elementos de fusión plateados que evita el envejecimiento y mantiene inalterables las características. Contactos de cobre plateados. Versiones con indicador visual de fusión y con percutor para la activación de un microinterruptor.

### FUSIBLES CILINDRICOS INDUSTRIALES aM

TAMAÑO	I <sub>n</sub> (A)	REFERENCIA		U (V)	PODER DE CORTE (kA)	REFERENCIA CON percutor	U (V)	PODER DE CORTE (kA)	Unid./CAJA
		SIN indicador	CON indicador						
8x31	1	411101	411201	400	20				10/100
	2	411102	411202	400	20				10/100
	4	411104	411204	400	20				10/100
	6	411106	411206	400	20				10/100
	8	411108	—	400	20				10/100
	10	411110	411210	400	20				10/100
10x38	0,16	440031	—	500	120				10/100
	0,25	440033	—	500	120				10/100
	0,5	440000	—	500	120				10/100
	1	440001	440101	500	120				10/100
	2	440002	440102	500	120				10/100
	4	440004	440104	500	120				10/100
	6	440006	440106	500	120				10/100
	8	440008	440108	500	120				10/100
	10	440010	440110	500	120				10/100
	12	440012	440112	500	120				10/100
	16	440016	440116	500	120				10/100
	20*	440020	440120	400	120				10/100
	25*	440025	440125	400	120				10/100
14x51	0,25	441031	—	690	80	—	—	—	10/50
	0,5	441000	—	690	80	—	—	—	10/50
	1	441001	441101	690	80	441201	500	120	10/50
	2	441002	441102	690	80	441202	500	120	10/50
	4	441004	441104	690	80	441204	500	120	10/50
	6	441006	441106	690	80	441206	500	120	10/50
	8	441008	441108	690	80	441208	500	120	10/50
	10	441010	441110	690	80	441210	500	120	10/50
	12	441012	441112	690	80	441212	500	120	10/50
	16	441016	441116	690	80	441216	500	120	10/50
	20	441020	441120	690	80	441220	500	120	10/50
	25	441025	441125	690	80	441225	500	120	10/50
	32	441032	441132	500	120	441232	500	120	10/50
	40	441040	441140	500	120	441240	500	120	10/50
	45	441045	441145	500	120	441245	400	120	10/50
	50*	441050	441150	400	120	441250	400	120	10/50

(\*) Fusibles sobrecalibrados

**NORMAS** IEC 60269-1 · IEC 60269-2 · IEC 60269-2-1 · EN 60269-1 · EN 60269-2




Dimensiones pág. 31

Características t-I y limitación pág. 36

Características I<sup>2</sup>t y potencias disipadas pág. 37



FUSIBLES CILINDRICOS INDUSTRIALES aM

TAMAÑO	In	REFERENCIA		U	PODER DE CORTE	REFERENCIA	U	PODER DE CORTE	Unid./CAJA
		SIN indicador	CON indicador			CON percutor			
	(A)			(V)	(kA)		(V)	(kA)	
22x58	2	442002	442102	690	80	442202	690	80	10/50
	4	442004	442104	690	80	442204	690	80	10/50
	6	442006	442106	690	80	442206	690	80	10/50
	8	442008	442108	690	80	442208	690	80	10/50
	10	442010	442110	690	80	442210	690	80	10/50
	12	442012	442112	690	80	442212	690	80	10/50
	16	442016	442116	690	80	442216	690	80	10/50
	20	442020	442120	690	80	442220	690	80	10/50
	25	442025	442125	690	80	442225	690	80	10/50
	32	442032	442132	690	80	442232	690	80	10/50
	40	442040	442140	690	80	442240	690	80	10/50
	50	442050	442150	690	80	442250	690	80	10/50
	63	442063	442163	690	80	442263	690	80	10/50
	80	442080	442180	500	120	442280	500	120	10/50
	100	442000	442100	500	120	442200	500	120	10/50
	125*	442015	442115	400	120	442215	400	120	10/50



(\*) Fusibles sobrecalibrados

NEUTROS

TAMAÑO	In	REFERENCIA	Unid./CAJA
	(A)		
8x31	N	430000	10/100
10x38	N	431000	10/100
14x51	N	432000	10/50
22x58	N	433000	10/50





# Protecciones industriales Cilíndricos





## Bases Modulares Industriales

PMF




Bases portafusibles modulares seccionables para fusibles cilíndricos. Fijación sobre rail DIN/EN. Modelos unipolares, unipolar+neutro en un solo módulo o multipolares. Versiones con indicador luminoso de fusión y con microinterruptor para ser utilizadas con cartuchos fusibles con percutor (con detección solo de fusión o fusión, precorte y presencia de fusible). Posibilidad de crear conjuntos multipolares mediante accesorios de unión. Realizadas en materiales plásticos autoextinguibles con contactos de cobre plateados. Certificaciones UL y CSA.

### BASES MODULARES INDUSTRIALES PMF

TAMAÑO	POLOS	MODULOS	REFERENCIA		I <sub>n</sub> (A)	U (V)	Unid./CAJA
			SIN indicador	CON indicador			
		17,5 mm					
	I	1	480020	480020 I	25	400	12/192
	N	1	480032 N	—	32	690	12/192
	I + N	1	480125	480125 I	25	400	12/96
	I + N	2	480120	480120 I	25	400	6/96
	2	2	480220	480220 I	25	400	6/96
	3	3	480320	480320 I	25	400	4/64
	3 + N	3	480325	480325 I	25	400	4/64
	3 + N	4	480420	480420 I	25	400	3/48
	4	4	480520	480520 I	25	400	3/48
	I	1	480032	480032 I	32	690	12/192
	N	1	480032 N	—	32	690	12/192
	I + N	1	480135	480135 I	32	690	12/96
	I + N	2	480132	480132 I	32	690	6/96
	2	2	480232	480232 I	32	690	6/96
	3	3	480332	480332 I	32	690	4/64
	3 + N	3	480335	480335 I	32	690	4/64
	3 + N	4	480432	480432 I	32	690	3/64
	4	4	480532	480532 I	32	690	3/48
	I	1,5	480050	480050 I	50	690	6/90
	N	1,5	480050 N	—	50	690	6/90
	I + N	3	480150	480150 I	50	690	3/45
	2	3	480250	480250 I	50	690	3/45
	3	4,5	480350	480350 I	50	690	2/30
	3 + N	6	480450	480450 I	50	690	1/20
	4	6	480550	480550 I	50	690	1/20
	I	2	450125		125*	690	6/36
	N	2	450125 N		125*	690	6/36
	I + N	4	451125		125*	690	3/18
	2	4	452125		125*	690	3/18
	3	6	453125		125*	690	2/12
	3 + N	8	454125		125*	690	1/6
	4	8	455125		125*	690	1/6

(\*) 125A uso intermitente (100A uso continuo)

### BASES MODULARES INDUSTRIALES PMF 24VDC

TAMAÑO	POLOS	REFERENCIA	I <sub>n</sub> (A)	U (V)	Unid./CAJA
10x38	I	481032 I 	32	24	12
	II	481232 I 	32	24	12
	III	481332 I 	32	24	12



481032 I

### BASES MODULARES INDUSTRIALES CON MICRORRUPTOR PMF

TAMAÑO	POLOS	REFERENCIA	DESCRIPCION	I <sub>n</sub> (A)	U (V)	Unid./CAJA
14x51	I	480090	PRECORTE/FUSION/PRESENCIA	50	690	6/90
	3	480091	PRECORTE/FUSION/PRESENCIA	50	690	2/30
	3 + N	480092	PRECORTE/FUSION/PRESENCIA	50	690	1/20
	1	480050 M	SOLO FUSION	50	690	6/90
	3	480350 M	SOLO FUSION	50	690	2/30
	3 + N	480450 M	SOLO FUSION	50	690	1/20
22x58	I	480080	PRECORTE/FUSION/PRESENCIA	125*	690	6/36
	3	483180	PRECORTE/FUSION/PRESENCIA	125*	690	2/12
	3 + N	484180	PRECORTE/FUSION/PRESENCIA	125*	690	1/6







480090

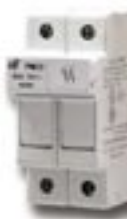


480091

(\*) 125A uso intermitente (100A uso continuo)

### BASES MODULARES INDUSTRIALES CLASS CC

TAMAÑO	POLOS	REFERENCIA		I <sub>n</sub> (A)	U (V)	Unid./CAJA
		SIN indicador	CON indicador			
CLASS CC	I	460008 	460008 I 	30	600	12
	II	460009 	460009 I 	30	600	12
	III	460010 	460010 I 	30	600	12



460009

### ACCESORIOS PMF

Clips de unión y pasadores para las bases portafusibles modulares PMF, que permiten la creación de conjuntos multipolares partiendo de bases unipolares.

Microrruptores para bases portafusibles unipolares o tripolares PMF14x51. Permiten la detección de fusión mediante la utilización de fusibles con percutor. Microrruptor inversor 5 A 250 V.

TAMAÑO	REFERENCIA	DESCRIPCION	Unid./CAJA
8x31   10x38   14x51	480005	CLIP PARA UNION MULTIPOLAR	12
8x31   10x38	480006	PASADOR PARA UNION MULTIPOLAR	12
14x51	480007	PASADOR PARA UNION MULTIPOLAR	12
14x51 UNIPOLAR	480008	MICRORRUPTOR/SOLO FUSION	5
14x51 TRIPOLAR	480009	MICRORRUPTOR/SOLO FUSION	2



480005



480006



480007



480008

**NORMAS** IEC 60269-1 · IEC 60269-2 · IEC 60269-2-1 · EN 60269-1 · EN 60269-2 · IEC 60947-3 · EN 60947-3

Características técnicas pág. 29

Montaje Bases PMF pág. 30

Dimensiones págs. 31 y 32

Utilización de los fusibles Rapidplus en bases modulares pág. 191



# Protecciones industriales Cilíndricos

## Bases y Accesorios PMC. Bases SC

PMC / SC

**BASES PMC.** Bases portafusibles seccionables compactas para fusibles cilíndricos. Altura reducida. Fijación sobre rail DIN/EN. Modelos unipolares y unipolar+neutro en un solo módulo. Posibilidad de crear conjuntos multipolares mediante accesorios de unión. Realizadas en materiales plásticos autoextinguibles con contactos de cobre plateados.

**BASES SC.** Bases portafusibles seccionables para fusibles cilíndricos. Fijación mediante tornillos. Modelos unipolares y neutros. Realizadas en materiales plásticos autoextinguibles con contactos de cobre plateados.

### BASES MODULARES INDUSTRIALES COMPACTAS PMC

TAMAÑO	POLOS	MODULOS	REFERENCIA	I <sub>n</sub>	U	Unid./CAJA
		17,5 mm		(A)	(V)	
<b>8x31</b>	I	1	<b>483000</b>	25	400	12/336
	N	1	<b>483002</b>	32	690	12/336
	I + N	1	<b>483004</b>	25	400	12/336
	I + N	2	<b>483006</b>	25	400	6/168
	2	2	<b>483008</b>	25	400	6/168
	3	3	<b>483010</b>	25	400	4/112
	3 + N	3	<b>483012</b>	25	400	4/112
	3 + N	4	<b>483014</b>	25	400	3/84
	4	4	<b>483016</b>	25	400	3/84
<b>10x38</b>	I	1	<b>483030</b>	32	690	12/336
	N	1	<b>483002</b>	32	690	12/336
	I + N	1	<b>483034</b>	32	690	12/336
	I + N	2	<b>483036</b>	32	690	6/168
	2	2	<b>483038</b>	32	690	6/168
	3	3	<b>483040</b>	32	690	4/112
	3 + N	3	<b>483042</b>	32	690	4/112
	3 + N	4	<b>483044</b>	32	690	3/84
	4	4	<b>483046</b>	32	690	3/84



### ACCESORIOS PMC

TAMAÑO	REFERENCIA	Unid./CAJA
<b>8x31   10x38</b>	<b>483050</b>	CLIP UNION MULTIPOLAR 12
<b>8x31   10x38</b>	<b>483052</b>	CLIP TIRADOR MULTIPOLAR 12



### BASES PORTAFUSIBLES "FIJACION TORNILLO" SC

TAMAÑO	POLOS	MODULOS	REFERENCIA	I <sub>n</sub>	U	Unid./CAJA
		17,5 mm		(A)	(V)	
<b>8x31</b>	I	1	<b>451025</b>	25	400	12
	N	1	<b>451025 N</b>	25	400	12
<b>10x38</b>	I	1	<b>451032</b>	32	500	12
	N	1	<b>451032 N</b>	32	500	12
<b>14x51</b>	I	1	<b>451050</b>	50	690	12
	N	1	<b>451050 N</b>	50	690	12
<b>22x58</b>	I	1	<b>451100</b>	100	690	6
	N	1	<b>451100 N</b>	100	690	6

**NORMAS** IEC 60269-1 · IEC 60269-3 · IEC 60269-2-1 · EN 60269-1 · EN 60269-2

Características técnicas pág. 29

Montaje Bases PMC pág. 30

Dimensiones pág. 33

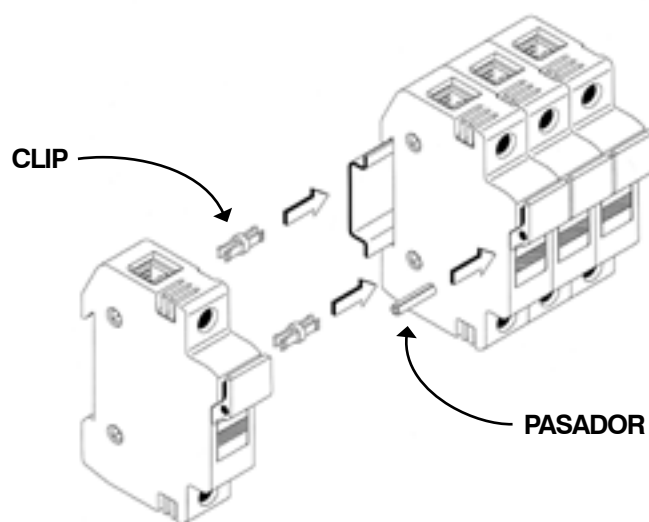
Utilización de los fusibles Rapidplus en bases modulares pág. 191



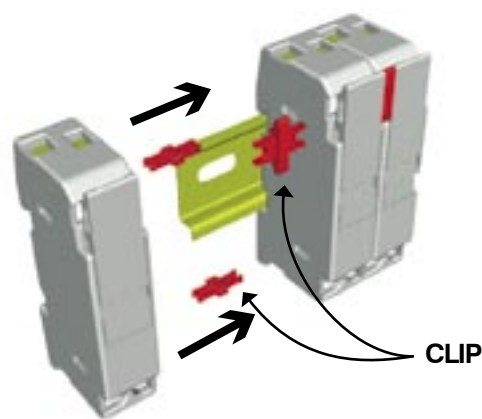


PROPIEDADES		BASES PORTAFUSIBLES CILINDRICOS INDUSTRIALES									
		PMF 8x31	PMF 10x38	PMCC	PMF 14x51	PMF 22x58	PMC 8x31	PMC 10x38			
MATERIALES	GRADO DE INFLAMABILIDAD "UL94"	V0 - 1,5 mm	V0 - 1,5 mm	V0 - 1,5 mm	V0 - 1,5 mm	V0 - 1,5 mm	V0 - 1,5 mm	V0 - 1,5 mm			
	TEMPERATURA DE USO	-20 - 70 °C	-20 - 70 °C	-20 - 70 °C	-20 - 70 °C	-20 - 70 °C	-20 - 70 °C	-20 - 70 °C			
	TEMPERATURA DE ALMACENADO	-40 - 80 °C	-40 - 80 °C	-40 - 80 °C	-40 - 80 °C	-40 - 80 °C	-40 - 80 °C	-40 - 80 °C			
	CONTACTOS	COBRE PLATEADO						COBRE PLATEADO			
ELECTRICAS	COEFICIENTE DE REDUCCION EN FUNCION DE LA TEMPERATURA	20 °C	1	1	1	1	1	1	1		
		30 °C	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95		
		40 °C	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9		
		50 °C	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8		
	COEFICIENTE DE REDUCCION EN FUNCION DEL Nº DE POLOS	1 - 3	1	1	1	1	1	1	1		
		4 - 6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8		
		7 - 9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		
	> 10	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6			
	POTENCIA DISIPABLE MAXIMA	3 W	3 W	3 W	5 W	9,5 W	3 W	3 W			
	CATEGORIA DE EMPLEO	AC-22B 400V	AC-22B 500V AC-21B 690 V	AC-22B 500V AC-21B 690 V	AC-22B 500V AC-21B 690 V	AC-21B 690 V	AC-20	AC-20			
GRADO DE PROTECCION	IP-20	IP-20	IP-20	IP-20	IP-20	IP-20	IP-20				
CAPACIDAD DE EMBORNADO MAX.		1 x 16 mm² FLEXIBLE 1 x 25 mm² RIGIDO		1 x 25 mm² FLEXIBLE 1 x 35 mm² RIGIDO		1 x 50 mm²		1 x 10 mm² FLEXIBLE 1 x 16 mm² RIGIDO			
		1 x 10 mm² FLEXIBLE 1 x 16 mm² RIGIDO (1P+N 1M) 1 x 16 mm² FLEXIBLE (1P+N 1M)									
USO	FIJACION	RAIL DIN / EN	●	●	●	●	●	●	●	●	
		TORNILLO	—	—	—	—	—	—	—	—	
	PAR DE APRIETE MAX.	2,5 Nm 2 Nm (1P+N 1M)	2,5 Nm 2 Nm (1P+N 1M)	2,5 Nm	3 Nm	4 Nm	2 Nm	2 Nm			
		120/400V AC	120/690V AC 24V DC	120/690V AC 24V DC	230/690V AC	230/690V AC	—	—			
	INDICADOR DE FUSION LUMINOSO										
	CON MICRORRUPTOR 5A-250V	FUSION	—	—	—	●	—	—	—	—	
		PRECORTE PRESENCIA FUSION	—	—	—	●	●	—	—	—	
	UNION MULTIPOLAR MEDIANTE ACCESORIOS		●	●	●	●	—	●	●	●	

### ENSAMBLADOS MULTIPOLARES BASES PMF(8x31 | 10x38 | 14x51) Y PMCC



### ENSAMBLADOS MULTIPOLARES BASES PMC



Para el montaje de las bases serían necesarios varios accesorios.

Ejemplos :

- 1 Base BIPOLAR PMF ó PMC ( 2 clips y 1 pasador).
- 1 Base TRIPOLAR PMF ó PMC ( 4 clips y 2 pasadores).

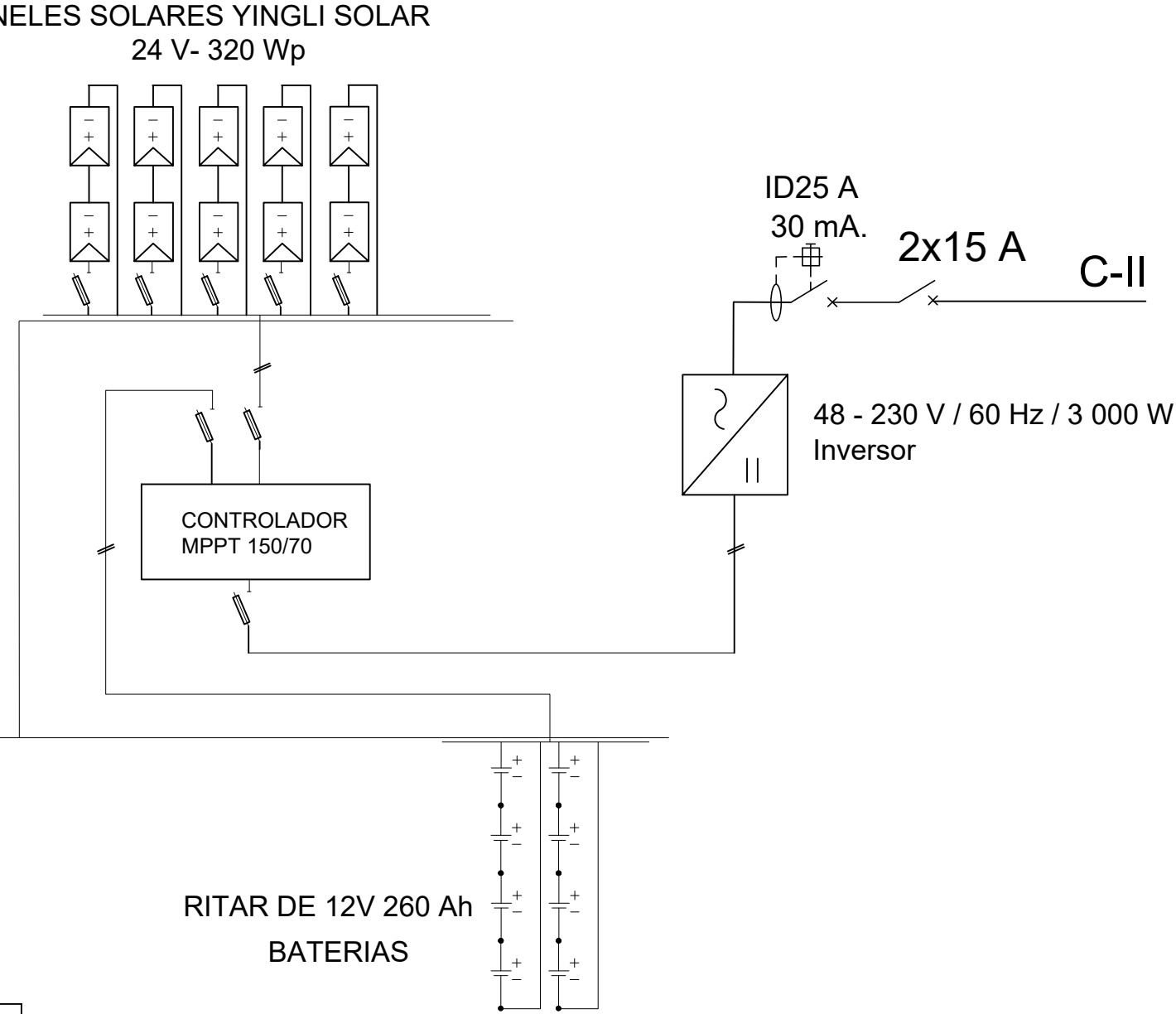
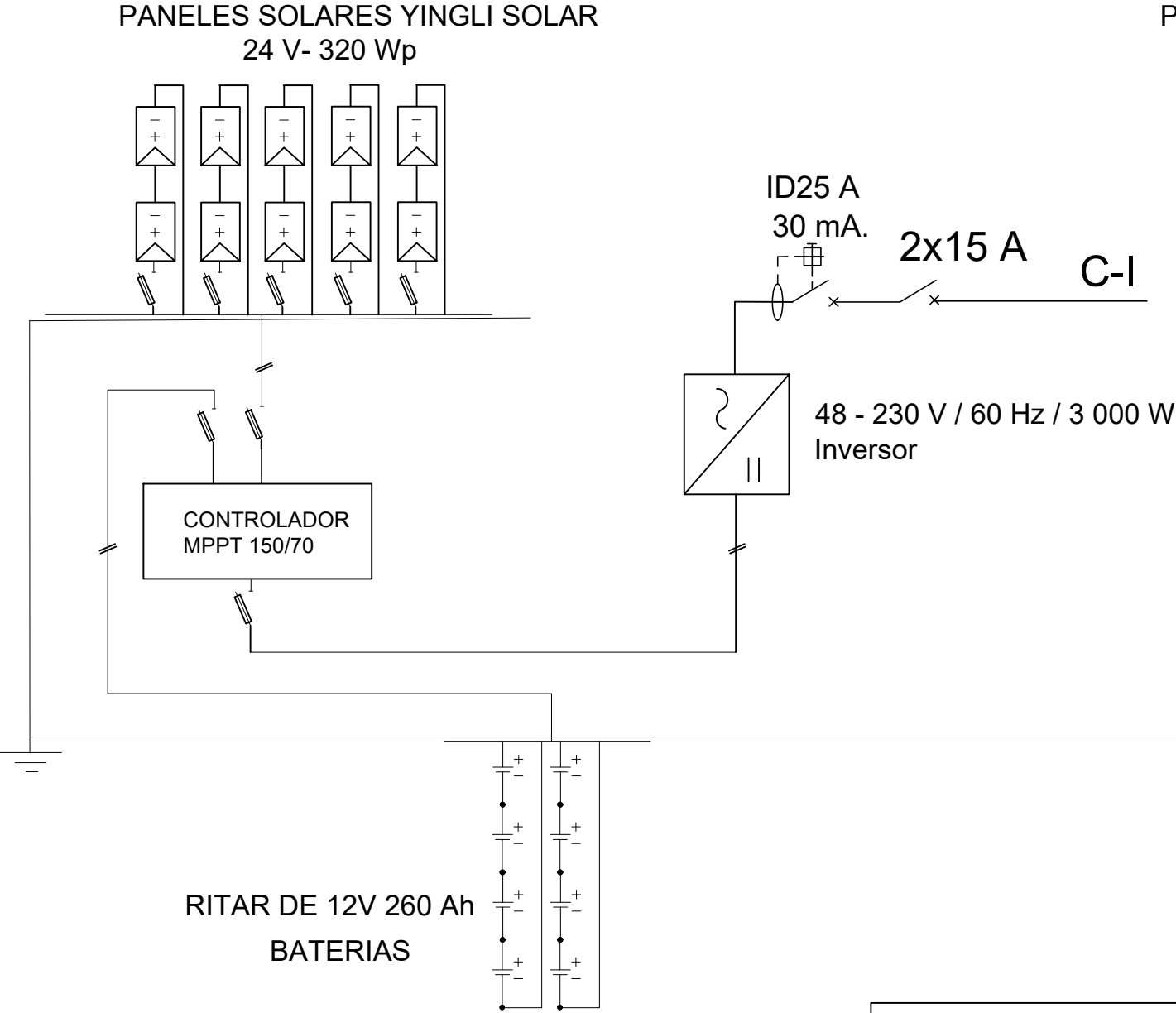
**NORMAS** IEC 60269-1 · IEC 60269-2 · IEC 60269-2-1 · EN 60269-1 · EN 60269-2

**Dimensiones Bases PMF** págs. 31 y 32

**Dimensiones Bases PMC** pág. 33



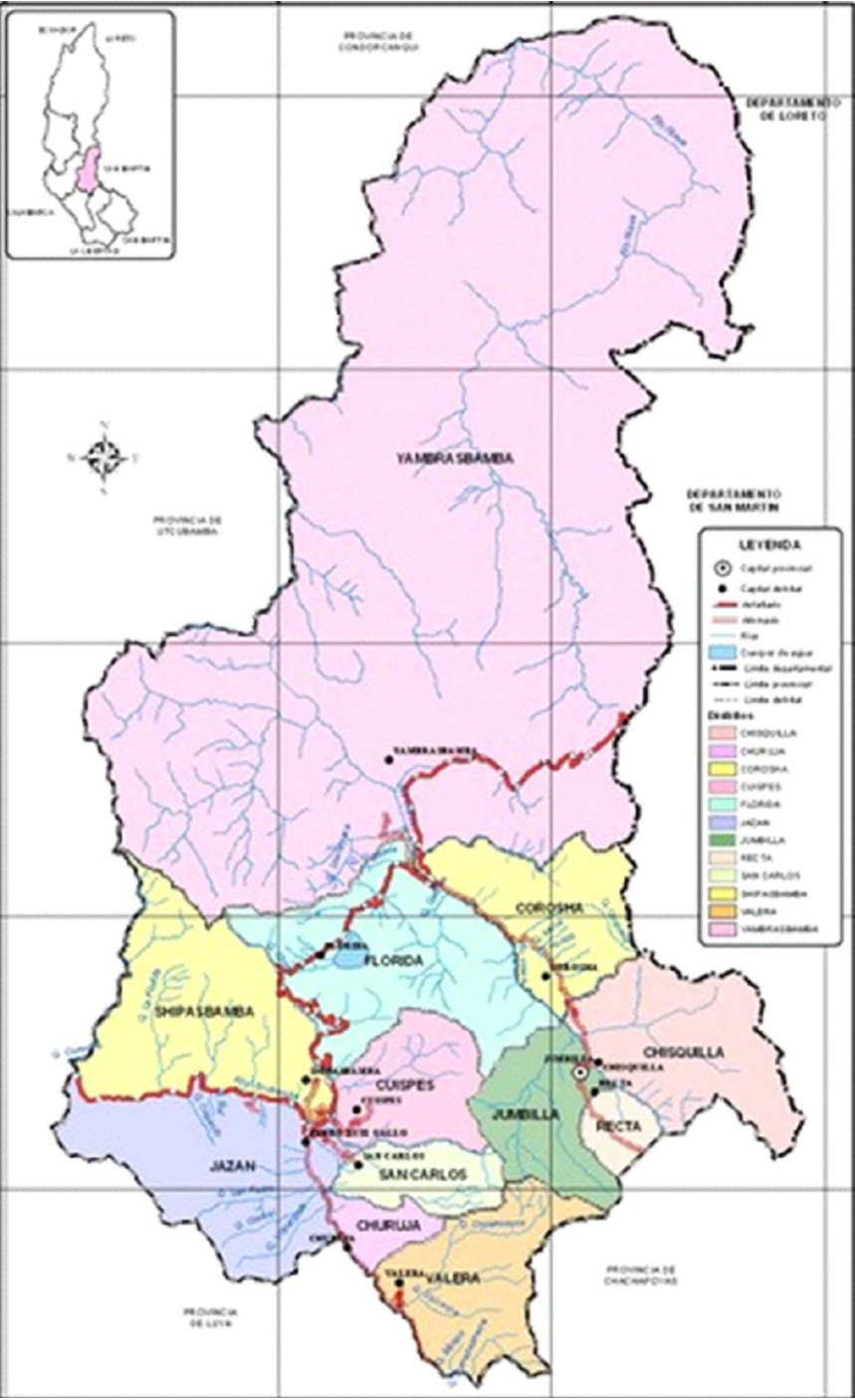
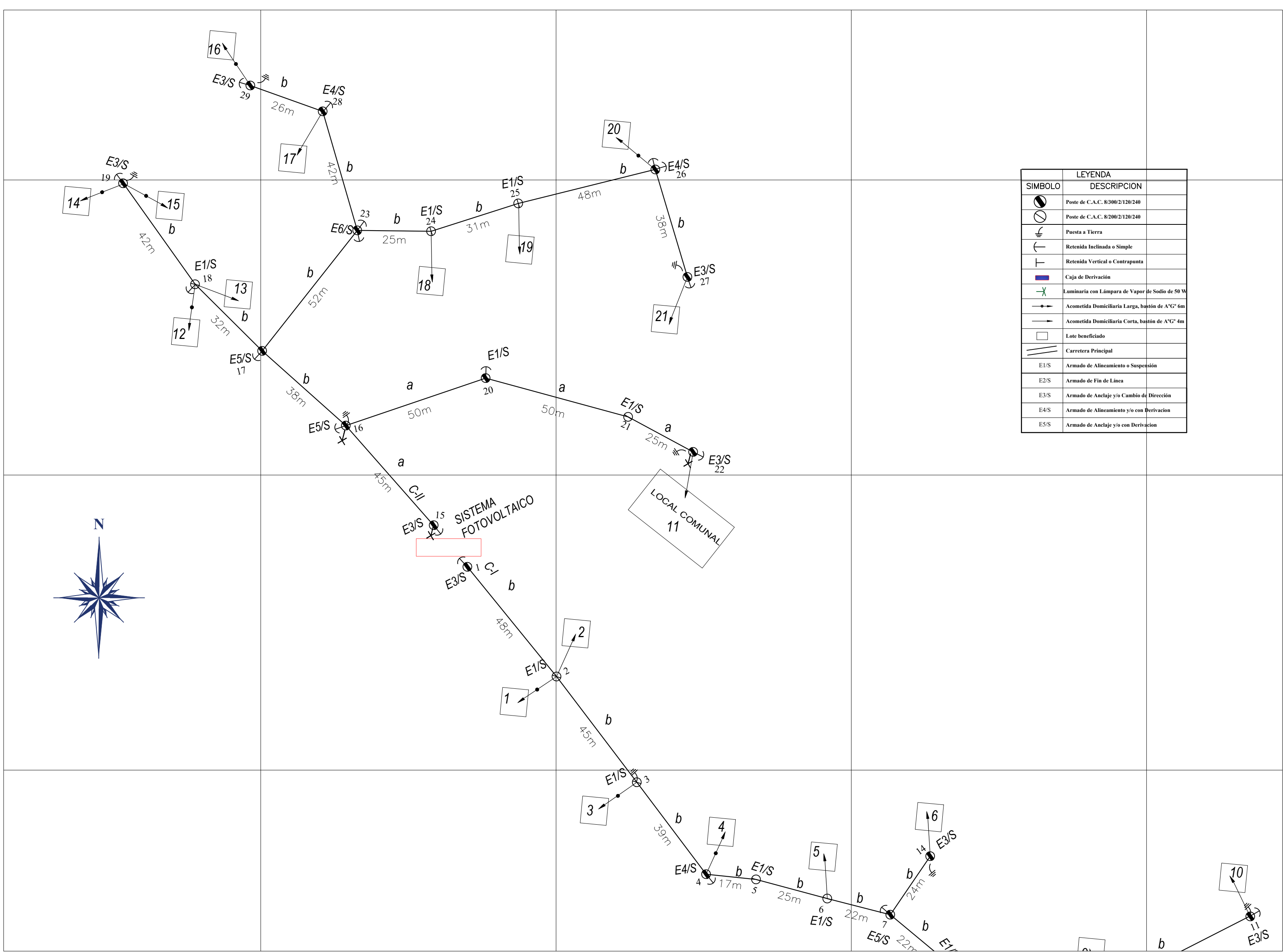
**ANEXO N°08. EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA  
FOTOVOLTAICO**



LEYENDA	
	Corriente Directa
	Corriente Alterna
	Modulo Fotovoltaico
	Sistema de puesta a tierra
	Monofasico
	Trifasico
	Bateria
	Inversor
	Fusible
	Interruptor
	Interruptor diferencial

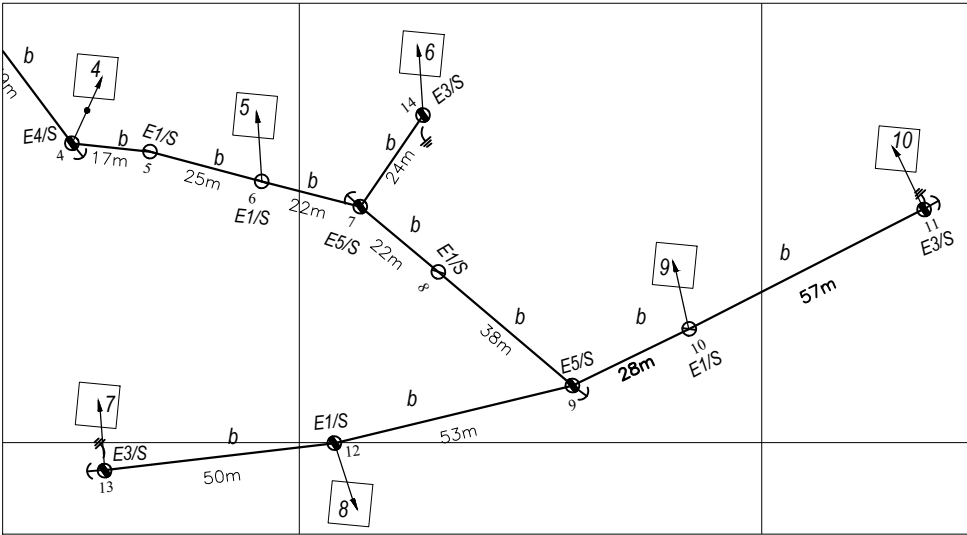
<b>JOSE ROSENDO CAYOTOPA MEDINA</b> BACH. INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA			
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO-FIME</b>			
TESIS: "DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ELECTRIFICAR AL CASERIO FLOR DEL VALLE EN YAMBRASBAMBA PROVINCIA DE BONGARA DEPARTAMENTO DE AMAZONAS"	UBICACION : CASERIO : FLOR DEL VALLE DISTRITO : YAMBRASBAMBA PROVINCIA : BONGARA DPTO. : AMAZONAS		
PLANO : <b>DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>	ESCALA : S/E	PROYECTISTA : JPMC	<b>Nº DE PLANO : DUSF-01</b>
	FECHA : NOVIEMBRE 2019	CAD: JPMC	

**ANEXO N°09. RED DE DISTRIBUCIÓN  
SECUNDARIA**



CUADRO DE LOTES				
S.G.F.	LOTES HABITADOS	LOTES VACIOS	CE	TOTAL
01	20		1	21

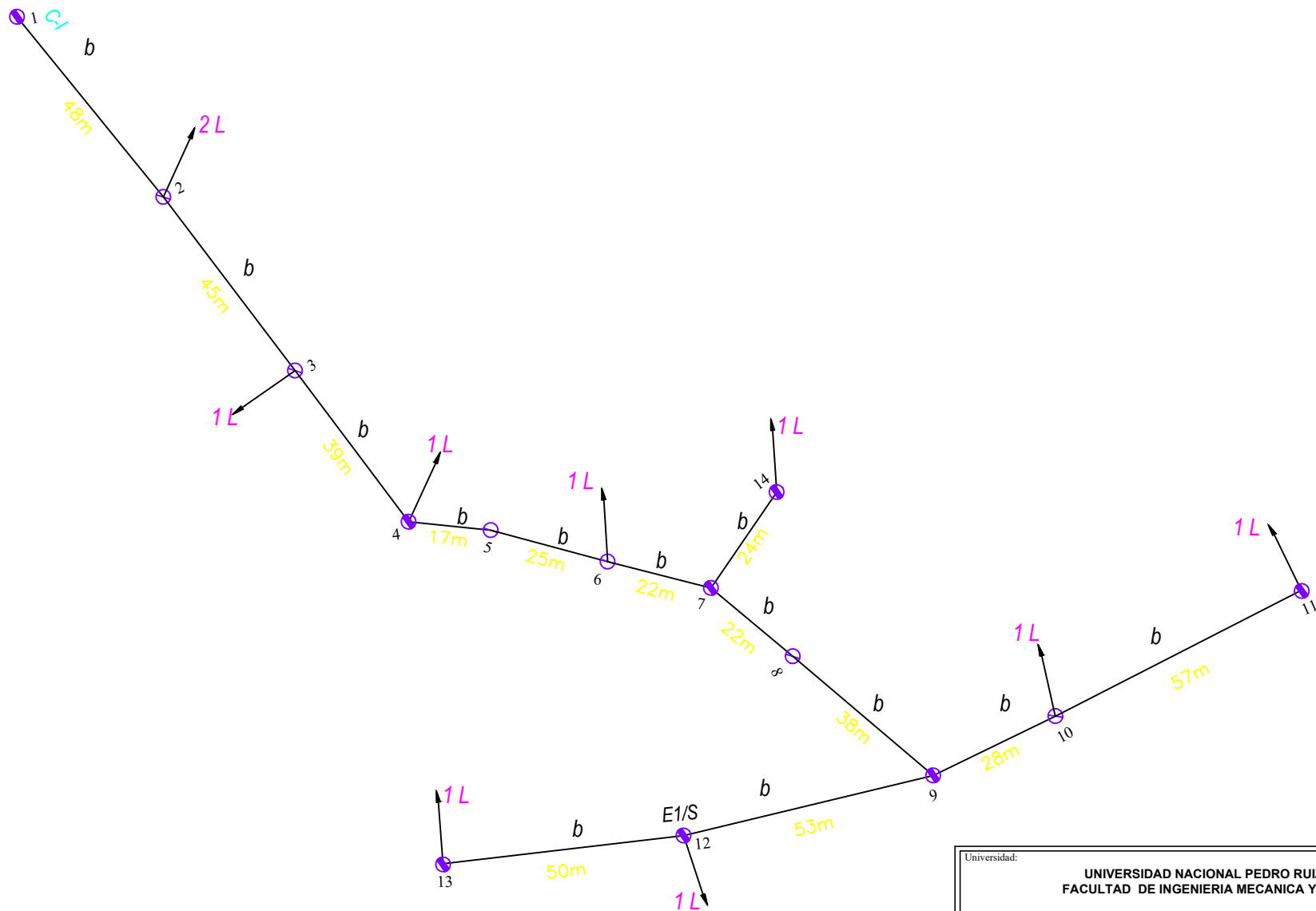
CUADRO DE CONDUCTORES	
CODIGO	SECCION
a	1x16+1x16/25mm2
b	1x16/25mm2



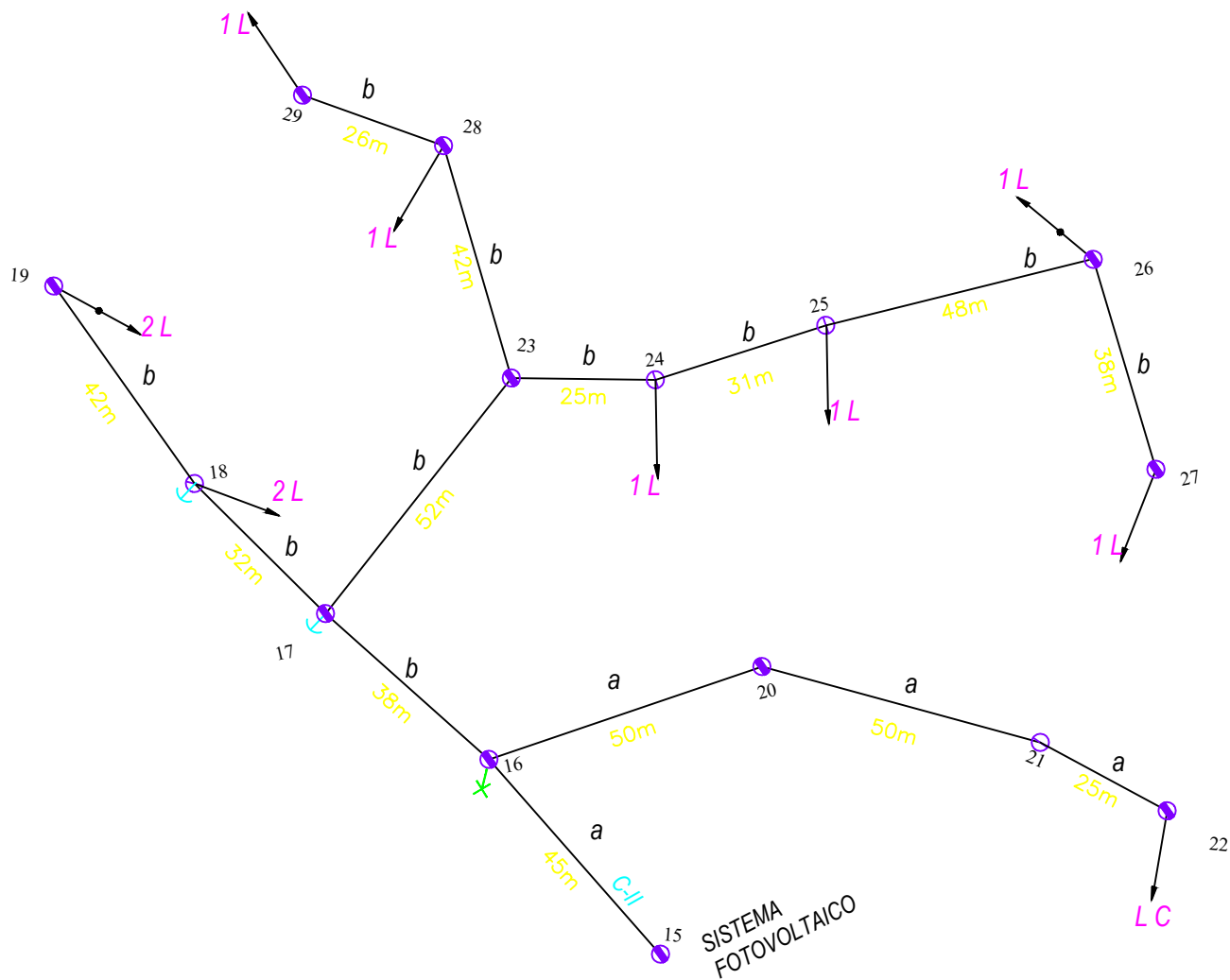
Universidad: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA</b>		
Tesis: <b>DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ELECTRIFICAR EL CASERIO FLOR DEL VALLE- YAMBRASBAMBA</b>		Nº Lamina: <b>SD-02</b>
SUBSISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA		Proyectista: Bach. JOSE ROSENDO CAYOTOPA MEDINA
Departamento: <b>AMAZONAS</b>	Prov: <b>BONGARA</b>	Dist: <b>YAMBRASBAMBA</b>
Digitalizazion : Bach. J.R.C.M.		Fecha: <b>nov. 2019</b>

**UNPRG**

## **ANEXO N°10. DIAGRAMAS DE CARGA**



Universidad: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA</b>			<b>SD-03 UNPRG</b>	
Tesis: <b>DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ELECTRIFICAR EL CASERIO FLOR DEL VALLE- YAMBRASBAMBA</b>			N° Lamina:	
<b>DIAGRAMA UNIFILAR C-I</b>			Proyectista: <b>Bach. JOSE ROSENDO CAYOTOPA MEDINA</b>	
Departamento: <b>AMAZONAS</b>	Prov: <b>BONGARA</b>	Dist: <b>YAMBRASBAMBA</b>	Digitalizacion : Bach. J.R.C.M.	Fecha: <b>nov. 2019</b>



Universidad:			UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA		SD-03	UNPRG
Tesis:			DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ELECTRIFICAR EL CASERIO FLOR DEL VALLE- YAMBRASBAMBA			
Diagrama:			DIAGRAMA UNIFILAR C-I			
Departamento:	Prov:	Dist:	Proyectista: Bach. JOSE ROSENDO CAYOTOPA MEDINA		Digitalizacion :	Fecha:
AMAZONAS	BONGARA	YAMBRASBAMBA			Bach. J.R.C.M.	nov. 2019

## **ANEXO N°11. PLANILLA DE METRADO**



PLANILLA DE METRADO																																		
REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS																																		
DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ELECTRIFICAR AL CASERIO FLOR DEL VALLE EN YAMBRASBAMBA-BONGARA- AMAZONA:																																		
DETALLE Y UBICACION		METRADO	POSTES DE C.A.C		RETENIDAS Y PUESTA A TIERRA			PASTORALES Y LUMINARIAS		AUTOPORTANTE				CONDUCTORES	ACCESORIOS DE FERRETERIA																			
ESTRUCT. POSTE N°	ARMADO	VANO ATRAS (m)	POSTE DE CAC 8/200	POSTE DE CAC 8/300	RETENIDA SIMPLE	RETENIDA CONTRAPUNTA	PUESTA A TIERRA CON VARILLA	PASTORAL DE TUBO DE A°G°	LUMINARIA CON LAMPARA DE VAPOR DE SODIO	2X16+16/P25	2X16/P25	1X16+16/P25	1X16/P25	Cu RECOCIDO N2XY 10 mm <sup>2</sup> /2p	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR	GRAPA DE ANCLAJE CONICA	CONECTOR BIMETALICO PARA AI	CONECTOR BIMETALICO AISLADO	CONECTOR PARA AI. 25mm <sup>2</sup> TIPO CUNA	CONECTOR AISLADO TIPO PERFORACION	CORRE PLASTICAS DE AMARRE	CINTA AUTOFUENDENTE PARA EXTREMO DE CABLE	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø. LONG. 254 mm	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø. LONG. 305 mm	PERNO DE A°G° DE 13mmØ. LONG. 254mm	PERNO DE A°G° DE 13mmØ. LONG. 305mm	PERNO CON OJAL DE 13mmØ.LONG. 254 mm	PERNO CON OJAL DE 13mmØ.LONG. 305 mm	FLEJE DE ACERO INOX.	ARANDA LA CUADRADA CURVA	TUERCA OJO DE A°G° PARA PERNO DE 16mmØ	CAJA DE DERIVACION	PORTALINEA UNIPOLAR	
C-I																																		
1	E3/S	30,0		1,0	1,0								33,0			1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
2	E1/S	45,0	1,0										49,5		1,0						4,0		1,0		1,0		1,0			1,0			2,0	
3	E1/S	48,0	1,0				1,0						52,8		1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
4	E4/S	39,0		1,0	1,0								42,9			2,0					5,0				1,0		1,0		1,0		2,0	1,0		2,0
5	E1/S	17,0	1,0										18,7		1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
6	E1/S	25,0	1,0										27,5		1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
7	E5/S	22,0		1,0	1,0								24,2			3,0			1,0		6,0				1,0		2,0			4,0	1,0		2,0	
8	E1/S	22,0	1,0										24,2		1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
9	E5/S	38,0		1,0	1,0								41,8			3,0			1,0		6,0				1,0		2,0			4,0	1,0		2,0	
10	E1/S	28,0	1,0										30,8		1,0				1,0		4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
11	E3/S	53,0		1,0	1,0		1,0						58,3			1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
12	E1/S	53,0	1,0										58,3		1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
13	E3/S	50,0		1,0	1,0		1,0						55,0			1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
14	E3/S	24,0		1,0	1,0		1,0						26,4			1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
C-II																																		
15	E3/S	30,0		1,0	1,0			1,0	1,0				33,0			1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
16	E5/S	45,0		1,0	1,0		1,0	1,0	1,0				49,5			3,0			1,0		6,0			1,0		2,0				4,0	1,0		2,0	
17	E5/S	38,0		1,0	1,0								41,8			3,0			1,0		6,0			1,0		2,0				4,0	1,0		2,0	
18	E1/S	32,0	1,0										35,2		1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
19	E3/S	42,0		1,0	1,0		1,0						46,2			1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
20	E1/S	50,0	1,0		1,0								55,0		1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
21	E1/S	50,0	1,0										55,0		1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
22	E3/S	25,0		1,0	1,0		1,0	1,0	1,0				27,5			1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
23	E6/S	52,0		1,0	2,0								57,2			3,0			1,0		6,0			1,0		2,0				4,0	1,0		2,0	
24	E1/S	25,0	1,0										27,5		1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
25	E1/S	31,0	1,0										34,1		1,0						4,0		1,0		1,0					1,0			2,0	
26	E4/S	48,0		1,0	2,0								52,8			2,0					5,0				1,0		1,0			2,0	1,0		2,0	
27	E3/S	38,0		1,0	1,0		1,0						41,8			1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
28	E4/S	42,0		1,0	2,0								46,2			2,0					5,0			1,0		1,0				2,0	1,0		2,0	
29	E3/S	26,0		1,0	1,0		1,0						28,6			1,0					4,0	2,0			1,0		1,0			2,0			2,0	
													0,0																					
TOTAL		1068,00	12,00	17,00	21,00	0,00	9,00	3,00	3,00	0,00	0,00	220,00	954,80	0,00	12,00	30,00	0,00	0,00	5,00	0,00	129,00	18,00	12,00	0,00	29,00	0,00	22,00	0,00	0,00	56,00	8,00	0,00	58,00	